corso di RADIOTECNICA

pubblicazione settimanale - 27 maggio - 3 giugno 1961 - un fascicolo lire 150 35° numero

corso di
RADIOTECNICA

settimanale a carattere culturale

Direzione, Amministrazione, Pubblicità:
Via dei Pellegrini 8/4 - Telef. 593.478
MILANO

Ogni fascicolo — contenente 3 lezioni — costa lire 150, acquistato alle edicole.

Se l'edicola risulta sprovvista, o si teme di rimanere privi di qualche numero, si chieda invio settimanale direttamente al proprio domicilio a mezzo abbonamento.

Il versamento per ricevere i 52 fascicoli costituenti l'intero Corso è di lire 6500 + I.G.E. = lire 6630. A mezzo vaglia postale, assegno bancario, o versamento sul conto corr. postale 3/41.203 del « Corso di RADIOTECNICA » - Via dei Pellegrini 8-4 - Milano. In ogni caso, scrivere in modo molto chiaro e completo il proprio indirizzo.

L'abbonamento può essere effettuato in qualsiasi momento; si intende comprensivo delle lezioni pubblicate e dà diritto a ricevere tali lezioni, che saranno inviate con unica spedizione.

Estero: abbonamento al Corso, Lit. 8.500. ($ 15). Numeri singoli Lit. 300 ($ 0,50).

Per i cambi di indirizzo durante lo svolgimento del Corso, unire lire 100, citando sempre il vecchio indirizzo.

Fascicoli singoli arretrati — se disponibili — possono essere ordinati a lire 300 cadauno.
Non si spedisce contrassegno.

Distribuzione alle edicole di tutta Italia: Diffus. Milanese . Via Soperga, 57 - Milano.

Direttore responsabile: Giulio Borgogno.

Autorizzaz. N. 5357 - Tribunale di Milano.

Stampa: Intergrafica S.r.l. - Cologno Monzese.

La Direzione non rivende materiale radio; essa può comunicare, se richiesta, indirizzi di Fabbricanti, Importatori, Grossisti ecc. in grado di fornire il necessario ed ai quali il lettore può rivolgersi direttamente.

Alla corrispondenza con richiesta di informazioni ecc. si prega allegare sempre il **francobollo per la risposta**.

Parte del testo e delle illustrazioni è dovuta alla collaborazione del Bureau of Naval Personnel, nonchè al Dept. of the Army and the Air Force - U.S.A.

A chi può essere utile questo Corso? Anzitutto — stante la sua impostazione — il Corso, basato sull'esposizione in forma a tutti accessibile, della radiotecnica, dai suoi elementi basilari alla evoluzione più recente, rappresenta la forma ideale per tutti coloro che intendono dedicarsi all'elettronica, sia come forma ricreativa sia — soprattutto — per l'acquisizione di una professione specializzata che possa procurare loro una posizione di privilegio in seno alla società odierna.

Anno per anno, la nostra civiltà si indirizza sempre più verso questa meravigliosa, si potrebbe dire fascinosa, elettronica, che nel modo più evidente consente sviluppi impensati, progressi grandiosi e una rapida evoluzione di tutti gli altri rami dello scibile che essa tocca e influenza.

L'industria, tutta l'industria, nel senso più ampio, da quella elettrotecnica a quella meccanica, alla metallurgica, alla chimica ecc., con i suoi laboratori di ricerca e le sue fabbriche richiede, e richiederà sempre più, con un ritmo rapidamente crescente, tecnici specializzati con conoscenza dell'elettronica, tecnici specificatamente elettronici e persino operai e impiegati di ogni ordine e categoria con cognizioni di elettronica.

Si può dire che anche le branche commerciali, quelle dei trasporti e persino quelle amministrative con le recenti introduzioni delle calcolatrici, abbisognano di personale che conosca i principi dell'elettronica, le macchine relative, il loro pieno sfruttamento, la eventuale riparazione ecc. e, quanto più in modo completo, quanto meglio.

Nasce, da una tale situazione, una logica conseguenza: per la scelta di una professione o di un mestiere, per un miglioramento della propria posizione sociale, per l'intrapresa di una libera attività o anche per la sola acquisizione di cognizioni che indubbiamente verranno oltremodo utili, è quanto mai opportuno riflettere se non sia conveniente dedicare un po' di tempo allo studio di questa scienza che ha tra l'altro il pregio di rendersi immediatamente attraente, concreta, accessibile e foriera di moltissime soddisfazioni.

A questo scopo appunto, e con questi intenti, è stato redatto questo Corso.

Non mancano invero altri corsi (specie per corrispondenza) o scuole di radiotecnica, nè mancano (sebbene siano in numero del tutto inadeguato) scuole statali o pareggiate ma la struttura e l'impostazione che caratterizzano queste 156 lezioni sono alquanto particolari, presentando non pochi vantaggi sulle diverse altre forme di cui si è detto.

Anzitutto vogliamo porre in evidenza **il fattore economico.**

Frequentare regolarmente, durante tutto l'anno, una scuola è certo il modo più logico — anche se non il più rapido — per apprendere ma, tralasciando il fatto che rarissimi sono gli Istituti di radiotecnica, è a tutti possibile dedicarsi esclusivamente, e per l'intero anno, allo studio? Noi riteniamo che chi può farlo costituisca oggi assai più l'eccezione che la regola. Ciò significa infatti poter disporre liberamente del proprio tempo senza avere la necessità di un contemporaneo guadagno: il nostro Corso permette a chiunque di studiare a casa propria, nelle ore libere dal lavoro, senza abbandonare o trascurare quest'ultimo. Ciò caratterizza invero anche altri corsi, ma il vantaggio economico diviene notevole ed evidentissimo se si considera che di fronte all'esborso, anche se rateale, di quasi 80.000 lire che i corsi per corrispondenza richiedono, seguendo il nostro Corso la spesa in un anno risulta di poco più di 7500 lire (150 lire alla settimana presso un'edicola) o di 6630 lire totali, con recapito postale, settimanale, delle lezioni a domicilio.

E' superfluo dire che la Modulazione di Frequenza, i transistori, i circuiti stampati, la trasmissione, il telecomando ecc. sono argomenti integrali del Corso e non costituiscono motivo di corsi speciali, aggiunti o particolari.

Le lezioni di questo Corso — a differenza di molte altre — non sono stampate con sistemi di dispensa, a ciclostile, o con sistemi più o meno analoghi, derivanti cioè da un originale battuto a macchina da scrivere; esse sono stampate in uno stabilimento grafico, con chiari caratteri tipografici da cui deriva una assai più agevole lettura e — fattore certamente di non secondaria importanza — un contenuto molto più ampio, corrispondendo una pagina a stampa a tre o quattro pagine di quelle citate. Il lettore avrà, alla fine del Corso, un volume di ben 1248 pagine di grande formato!

Chiunque, indipendentemente dall'età, dalla professione e dalle scuole compiute **può seguire il Corso.** Alle esposizioni teoriche si abbinano numerose, attraenti, istruttive ed utili descrizioni che consentono la realizzazione di ricevitori, amplificatori, strumenti vari e persino di trasmittenti su onde corte.

A questo proposito è sintomatico il fatto che la Direzione non vuole assolutamente assumere la fisionomia di un fornitore o commerciante di materiale radio, rivendendo agli allievi le parti necessarie. Il materiale occorrente l'interessato può acquistarlo dove e come meglio crede e, assai spesso anzi, già ne dispone. Viene così evitato l'acquisto forzoso, caratteristico più o meno di tutti gli altri corsi.

Anche chi è già radiotecnico, anche chi ha seguito o segue altri corsi troverà il massimo tornaconto in questo completo ed aggiornato lavoro. Molte nozioni, è logico, saranno note, altre un po' meno e sarà utile rinfrescarle, e il tutto infine costituirà un manuale di consultazione, prezioso tanto per la teoria esposta quanto per i numerosi schemi, per le tabelle, per i grafici, gli elenchi, i dati, il vocabolario dei termini ecc.

Concludendo, si può affermare che questo **Corso di Radiotecnica** oltre che come insegnamento graduale si presenta come **enciclopedia e rivista assieme** ciò che permette di formare — con modestissima spesa — **il più completo, ricco, utile e pratico volume di radiotecnica di cui sia dato oggigiorno disporre.**

MISURE OSCILLOGRAFICHE sui GENERATORI

Uno dei settori della radiotecnica nei quali l'oscillografo trova le sue più importanti e vaste applicazioni, è lo studio delle forme d'onda e degli appositi generatori che tali forme d'onda producono. Sia per quanto riguarda i generatori di segnali ad Alta Frequenza, a forme d'onda generalmente sinusoidali, sia per i generatori di segnali ad audiofrequenza — le cui forme d'onda possono essere oltre che sinusoidali, rettangolari o anche di tipo più complesso — l'oscillografo permette una serie di misure e di verifiche che consentono di determinare rapidamente la qualità e la precisione del segnale. Con l'oscillografo è, inoltre, facilitata la messa a punto del generatore, la sua riparazione in caso di guasto, nonchè lo studio del funzionamento del circuito ad eventuale scopo didattico.

In questa lezione prenderemo in considerazione i diversi tipi di misure che si possono eseguire con l'oscillografo sui generatori: di alcune di esse già abbiamo detto, mentre per altre, appena accennate in precedenza, diamo illustrazione sufficientemente esauriente per gli scopi del Corso. Esamineremo, inoltre, alcuni particolari tipi di circuiti oscillanti, ed intraprenderemo il loro studio in base agli oscillogrammi che si possono ottenere all'uscita, in funzione dei componenti.

Le principali misure che è possibile effettuare con l'oscillografo sui generatori di segnali sono le seguenti:

- **a)** misure di tipo generale (di tensioni, di correnti, ecc.);
- **b)** osservazione delle forme d'onda presenti in vari punti del circuito;
- **c)** misure di frequenza;
- **d)** misura della tensione del segnale in uscita;
- **e)** misure di modulazione;
- **f)** misure di fase.

Già abbiamo detto parecchio, alle lezioni precedenti, riguardo a tutti questi tipi di misure; si tratta ora di approfondire, in alcuni casi, le diverse tecniche, particolarmente dal punto di vista della loro possibile applicazione allo studio degli apparecchi stessi che producono il segnale esaminato, vale a dire dei generatori.

Misure generiche — Sono, queste, le misure meno significative, poichè è possibile effettuarle — in genere — anche con gli strumenti più semplici, specialmente nel caso di tensioni e correnti. Assumono invece una certa importanza le misure delle capacità e delle impedenze, poichè i piccoli laboratori di radiotecnica sono spesso sprovvisti di strumenti speciali adatti a misurare tali grandezze.

Per misure di capacità e di impedenze si usa la disposizione di **figura 1**. Il generatore può essere di tipo qualunque, purchè ad uscita sinusoidale, e la resistenza R è bene possa essere variata entro ampi limiti. La tensione ai capi dell'elemento incognito (che va connesso tra A e B) viene applicata all'ingresso verticale, e quella ai capi di R all'ingresso orizzontale. Se la reattanza dell'impedenza, o del condensatore, non presenta alcuna componente resistiva, i due segnali entrano nei canali orizzontale e verticale con uno sfasamento di 90°, e la figura che si ottiene sullo schermo è quindi — a parità di ampiezza dei segnali — una circonferenza. Se invece le due tensioni hanno valore diverso, si ottiene un'ellisse, il cui diametro verticale è proporzionale ad R. Poichè R è nota o comunque facilmente misurabile, dalle dimensioni dell'ellisse è possibile ricavare il valore della reattanza del condensatore o dell'impedenza; da questo, tenendo conto delle formule:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \qquad X_L = 2\pi f L$$

valide, la prima nel caso della capacità e la seconda nel caso dell'induttanza, si ottengono i valori di C e di L, **in funzione della reattanza** X.

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} \qquad L = \frac{X_L}{2\pi f}$$

Naturalmente, la frequenza deve essere nota con una certa precisione. Se ad esempio, nel misurare una induttanza, si introduce un valore di R pari a 25 kohm (le misure si potrebbero eseguire, in linea di principio, con qualunque valore di R, ma è comodo scegliere un valore tale che l'ellisse si approssimi alla forma circolare, onde consentire letture più comode) e se la frequenza del segnale è di 50 Hz (ottenuta direttamente della rete), si ha:

$$L = \frac{D_V \times 25.000}{D_O \times 2 \times 3{,}14 \times 50}$$

nella quale D_V è il diametro verticale, e D_O il diametro orizzontale dell'ellisse.

Supponiamo ora che la dimensione orizzontale dell'ellisse sia di 48 mm e quella verticale di 62 mm (**figura 2**). In tal caso, il valore dell'induttanza è di

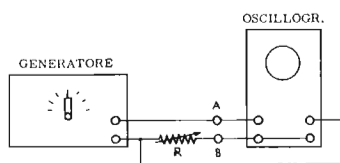



Fig. 1 - Disposizione degli strumenti di misura per effettuare misure di capacità o di induttanza (e quindi di reattanza o impedenza). La resistenza R deve essere variabile.

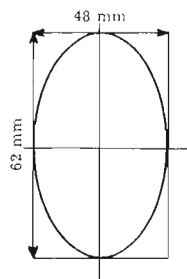



Fig. 2 - L'immagine ottenuta con la disposizione di fig. 1 è un'ellisse; il rapporto tra i diametri consente la valutazione.

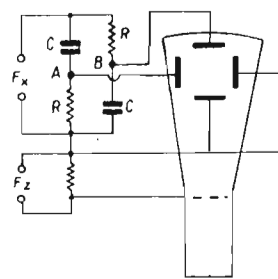



Fig. 3A - Collegamenti per effettuare misure di frequenza col «cerchio di sfasamento». Con segnali deboli si usano anche i due amplificatori.

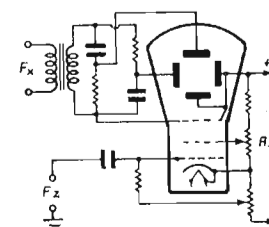



Fig. 3B - Sistema analogo a quello di figura 3A. L'asse Z è però ottenuto con un collegamento al secondo anodo del tubo.

103 henry, come è facile calcolare sostituendo nella formula il valore dei due diametri in millimetri. Naturalmente, mentre per induttanze o capacità elevate si può utilizzare il segnale a frequenza di rete, per piccole capacità occorre aumentare la frequenza, essendo la reattanza notevolmente elevata, e per piccole induttanze occorre anche aumentare la frequenza, ma questa volta perchè la reattanza è troppo bassa.

Se la reattanza ha anche una componente resistiva si ottiene uno sfasamento tra i due segnali e gli assi dell'ellisse risultano, come sappiamo, ruotati di un certo angolo. Con questo metodo si può quindi determinare anche *la qualità* di un'induttanza, poichè le migliori sono quelle che presentano una minore componente resistiva, ossia quelle che determinano una ellisse i cui assi coincidono con quello verticale e quello orizzontale.

Osservazione della forma d'onda — Particolare importanza riveste l'osservazione della forma d'onda del segnale *all'uscita*, poichè in tal modo si determina la qualità del segnale stesso, ossia la maggiore o minore distorsione rispetto all'andamento ideale, cioè quello desiderato, e questo tanto nel caso che la forma sia sinusoidale quanto di tipo più particolare. Per poter eseguire questo tipo di osservazioni occorre che la banda passante del canale verticale dell'oscillografo sia molto estesa. Specialmente nel caso in cui si voglia studiare un generatore di segnali A.F., occorre che l'estremo alto della banda passante sia non solo pari, ma possibilmente superiore di parecchie volte alla frequenza del segnale che si vuole esaminare. Più avanti, quando tratteremo dello studio dei generatori a radiofrequenza, ne vedremo la ragione.

Naturalmente, oltre al segnale in uscita, è spesso interessante — sia dal punto di vista teorico, che nel caso in cui si debbano eseguire riparazioni — osservare le forme d'onda presenti anche in altri punti del circuito, particolarmente agli elettrodi delle varie valvole. Specialmente quando si abbia a che fare con generatori di tipo speciale, quali quelli da noi descritti alla lezione 91ª, è oltremodo utile l'analisi dettagliata delle varie forma d'onda presenti in tutti i punti del circuito. Ciò, non solo per meglio comprendere il principio di funzionamento del circuito stesso, ma anche perchè — in effetti — da un medesimo tipo di generatore si possono ricavare, all'occorrenza, diversi tipi di segnali. Infatti, come abbiamo visto alla lezione 93ª, i segnali che sono presenti agli elettrodi delle valvole sono diversi tra loro. Ad esempio, i circuiti multivibratori, il cui segnale d'uscita è generalmente un impulso rettangolare o quadrato, possono essere usati anche come generatori di tensioni a dente di sega, ciò che avviene per la generazione dell'asse dei tempi.

Misure di frequenza — Allorchè il rapporto tra la frequenza incognita e la frequenza campione è un numero elevato, o comunque una frazione non semplice, si trova molta difficoltà nell'interpretazione delle figure di Lissajous, difficoltà che aumenta ulteriormente se si considera che le figure sono quasi sempre in lenta rotazione, e risulta quindi pressochè impossibile contare i punti di tangenza con gli assi o il numero di segmenti in cui si spezza la figura. In questi casi si preferisce il metodo del «cerchio di sfasamento», che peraltro si può eseguire solo con gli oscillografi provvisti di una presa connessa alla griglia controllo o al secondo anodo.

La disposizione degli strumenti per questo metodo è indicata alla **figura 3**: in **A** si suppone che l'oscillografo abbia una presa sul secondo anodo, ed in **B** sulla griglia controllo. Prendiamo, dapprima, in considerazione la disposizione A. La frequenza di riferimento, proveniente dal generatore (od anche, se è sufficiente, una frequenza di rete di 50 Hz), viene applicata ad un circuito di sfasamento, in modo che il segnale si ritrovi presente ai punti *A* e *B* sfasato di 90°.

Il circuito di sfasamento è costituito dalle due coppie di resistenze *R* e di condensatori *C*. Le resistenze *R* devono essere variabili perchè, per poter ottenere uno sfasamento di 90°, si deve avere:

$$R = \frac{1}{2 \pi fC}$$

Se, ad esempio, si vuole operare alla frequenza di riferimento di 50 Hz, tratta dalla rete, ed il valore dei condensatori è di 0,1 μF, il valore di *R* è:

$$R = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 0{,}1 \times 10^{-6}} = 31.000 \text{ ohm}$$

Sulla apposita presa, collegata internamente al secondo anodo, si deve applicare il segnale a frequenza

Fig. 4 - Esempio di immagine a cerchio di sfasamento. Il rapporto indicato è pari a 6.

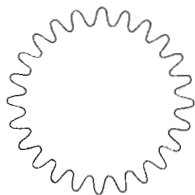



Fig. 5 - In questo caso il rapporto tra le due frequenze ammonta invece a 24 (si hanno 24 anse).

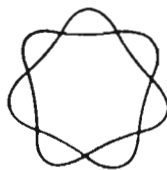



Fig. 6 - Esempio di immagine data da un rapporto frazionario. Il rapporto è pari a 7 : 2 = 3,5.

Fig. 7 - Cerchio di sfasamento con modulazione di intensità. Il rapporto 6 è indicato dai tratti più scuri.

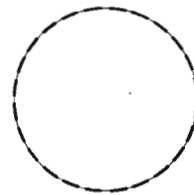



Fig. 8 - Anche in questo caso (rapporto 24), si nota il diverso spessore della circonferenza.

incognita, in modo che la sua tensione si sommi a quella già presente, rendendola pulsante con una frequenza pari a quella del segnale incognito.

Ora, come sappiamo, una variazione della tensione sul secondo anodo provoca una variazione nella sensibilità del tubo, ad essa corrispondente. Vediamo quindi quale figura si ottiene applicando il segnale di riferimento ai due ingressi normali e quello incognito al secondo anodo. Applicando solo il primo segnale si ottiene, poichè lo sfasamento può venire regolato sui 90° esatti, un'ellisse con gli assi paralleli a quello orizzontale ed a quello verticale; regolando opportunamente i comandi di guadagno dei due canali, la figura diviene un cerchio. Se, a questo punto, iniettiamo anche il segnale incognito mediante la presa citata, poichè ad ogni variazione di tensione di questo corrisponde una variazione di sensibilità (aumento o diminuzione del diametro istantaneo del cerchio), si ottiene in definitiva una figura del tipo riportato alla **figura** 4. Naturalmente, una figura di tal genere si ottiene solo dopo aver regolato la frequenza del segnale campione, in modo da renderla un sottomultiplo esatto della frequenza incognita. Tale operazione deve essere abbinata ad un ritocco delle resistenze variabili R, onde conservare lo sfasamento esatto.

Se, come nel caso della figura 4, la traccia, nel percorrere un'intera circonferenza, effettua 6 ondulazioni complete, ciò significa che il rapporto tra la frequenza incognita e quella nota è 6. Se, quindi, la frequenza nota è quella della rete, di 50 Hz, la frequenza che si è applicata al secondo anodo risulta essere di 300 Hz. Poichè le ondulazioni vengono contate lungo tutta una circonferenza, e non sul lato di un rettangolo come nel caso delle figure di Lissajous, si possono ottenere letture molto accurate anche con rapporti di frequenza elevati, come ad esempio si vede alla **figura 5**.

Nel caso non si tratti di rapporti esprimibili con numeri interi, si ottiene ciò che è illustrato alla **figura** 6. In questo caso la traccia è doppia, e per conoscere il rapporto di frequenza occorre dividere per due il numero delle ondulazioni, che diviene quindi 7:2. Se la traccia è tripla si divide il numero delle ondulazioni per tre, e così via.

Per poter effettuare misure di questo tipo, occorre che il tubo dell'oscillografo sia del tipo simmetrico, ossia con le placchette di deflessione del tutto indipendenti dal secondo anodo acceleratore. Nel caso di tubi asimmetrici, spesso impiegati negli oscillografi attuali, si hanno dei collegamenti interni tra il secondo anodo e le placchette di deflessione, per cui le variazioni di tensione sul primo si ripercuotono sulle placchette, rendendo impossibile la misura ora descritta.

Poichè questo metodo è basato sulle variazioni di tensione del secondo anodo, ottenute applicando il segnale a frequenza incognita su detto elettrodo, si ha un cerchio di sfasamento con *modulazione di ampiezza* del raggio, derivante dalla modulazione di sensibilità del tubo. Se, invece, il segnale viene applicato alla griglia di controllo (figura 3-B), che come è noto determina l'intensità della traccia, si ottiene un cerchio *modulato di intensità*, come si può vedere alla **figura 7**. Questa misura mediante « modulazione di intensità » della traccia, è spesso prevista negli oscillografi di tipo moderno, poichè consente l'impiego di tubi asimmetrici, e non perturba i controlli di fuoco e di astigmatismo che, essendo in genere applicati sugli anodi acceleratori, vengono influenzati dalla tensione del segnale, se questo viene applicato al secondo anodo.

Dal conteggio dei tratti di tale cerchio si perviene istantaneamente al rapporto di frequenza. Alla **figura 8** è indicato un esempio di rapporto già alquanto elevato, 24:1, ma è possibile, come si vede dalla figura stessa, misurare rapporti ancora più alti.

Come sappiamo, la traccia può venire deviata in due direzioni fondamentali, dette asse orizzontale, o asse « x » e asse verticale, od asse « y ». A questi due tipi di « modulazione » si aggiunge ora la modulazione di intensità. Per questa ragione si dice che gli oscillografi provvisti di presa sulla griglia controllo possono venire modulati su tre assi (assi « x », asse « y » ed asse « z »). L'asse « z » in questo caso non è costituita da una vera e propria direzione geometrica, ma dalla scala delle diverse possibili luminosità della traccia.

La modulazione dell'asse « z » è preziosa particolarmente per le misure delle frequenze del segnale d'uscita di un generatore A.F., perchè permette misure anche molto al di fuori della banda passante dei canali di amplificazione. Il segnale incognito viene, infatti, applicato direttamente alla griglia, tramite un condensatore di disaccoppiamento per la componente continua, senza passare attraverso nessuno dei due canali. In questo caso, quindi, il limite superiore della gamma

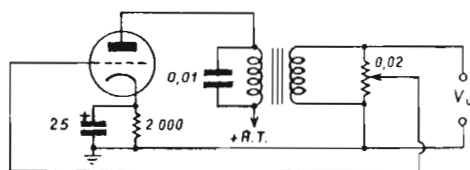



Fig. 9 - Esempio di circuito oscillatore a Bassa Frequenza, nel quale la reazione viene ottenuta mediante accoppiamento induttivo, e regolata mediante un potenziometro.

Fig. 10 - In A, segnale risultante con reazione eccessiva: in B, invece, la tensione di reazione è molto inferiore.

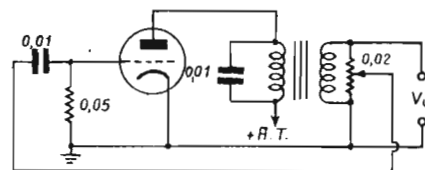



Fig. 11 - Circuito oscillatore a Bassa Frequenza analogo a quello precedente. In questo caso, però, la polarizzazione di griglia è automatica, e non è dovuta alla resistenza connessa in serie al catodo, come in figura 9.

di frequenze che si possono misurare viene determinato, più che altro, dal segnale del generatore.

Misura di tensione del segnale di uscita — Per effettuare misure precise di tensione, occorre prima tarare opportunamente l'oscillografo, operazione che in alcuni casi si effettua facilmente mediante un segnale interno a tensione rigorosamente esatta, mentre in generale richiede l'uso di un **generatore di tensioni calibrate,** del tipo che descriveremo alla lezione 104ª.

Occorre poi considerare la banda passante del canale verticale dello strumento. Se, infatti, si misura la tensione di segnali a frequenza superiore all'estremo alto della banda passante, l'amplificatore verticale introduce una attenuazione, e la tensione calcolata risulta in tal modo minore di quella effettivamente presente all'uscita del generatore. Può darsi che, in molti casi, la frequenza del generatore a dente di sega interno all'oscillografo non sia tale da consentire una osservazione separata di alcuni cicli del segnale in uscita. Ciò non pregiudica in alcun modo la misura, perchè la figura che in tal caso si ottiene è un rettangolo, la cui altezza ci indica con esattezza la tensione picco a picco del segnale.

Alla stessa lezione abbiamo altresì preso in considerazione un metodo per la misura dell'angolo di fase esistente tra due segnali sinusoidali della stessa frequenza. Un altro metodo, applicabile al caso di segnali di forma qualunque, verrà considerato in seguito, quando descriveremo, tra gli accessori dell'oscillografo, il **commutatore elettronico**.

Le misure di fase sono particolarmente utili per dimostrare che i circuiti oscillatori necessitano di un segnale di « reazione », applicato all'ingresso, in fase col circuito di uscita. Inoltre, negli oscillatori a « spostamento di fase » è possibile verificare visualmente i singoli sfasamenti introdotti dai componenti la rete *RC*.

STUDIO sui GENERATORI

Stante il particolareggiato esame dei problemi sin qui effettuato, possiamo intraprendere, con cognizione di causa, lo studio dei circuiti oscillatori mediante l'oscillografo. Quanto diremo è da ritenersi valido sia nei riferimenti dei generatori ad audiofrequenza, che di quelli a radiofrequenza, poichè, in effetti, i due tipi hanno lo stesso scopo: fornire un segnale a frequenza determinata, che presenti una data forma d'onda — più comunemente quella sinusoidale — con una bassa percentuale di distorsione. Ci occuperemo maggiormente dei generatori di Bassa Frequenza perchè:

a) non tutti posseggono un oscillografo, la cui banda passante si estenda fino alla gamma delle radioquenze. Le audiofrequenze, per contro, possono venire osservate e misurate con accuratezza mediante qualunque tipo di oscillografo;

b) è proprio nel campo dei generatori di Bassa Frequenza che si hanno le maggiori esigenze in fatto di purezza del segnale, o comunque di bassa distorsione. Ciò, perchè tali tipi di oscillatori vengono usati per fornire segnali campione durante la messa a punto di amplificatori di Bassa Frequenza; onde evitare di poter confondere la distorsione introdotta dall'amplificatore con quella già presente nel segnale fornito dal generatore campione, logicamente, è indispensabile che quest'ultima sia estremamente bassa, in modo tale cioè, da poter essere trascurata.

Esame di un circuito oscillatore — Come sappiamo, affinchè un circuito generi oscillazioni, è, sufficiente, in un normale stadio di amplificazione, rinviare una parte della tensione di uscita, *con la stessa fase*, al circuito di entrata (reazione positiva). Se il segnale viene invece riportato all'ingresso in *fase opposta*, si ha la cosiddetta « reazione negativa » o « controreazione » il cui effetto è, al contrario, di ridurre la tendenza del circuito ad oscillare.

Vogliamo ora renderci conto otticamente del processo secondo il quale hanno origine le oscillazioni e dei fenomeni ora citati di reazione positiva e negativa. A questo scopo prendiamo in considerazione il circuito rappresentato alla **figura 9**. Il triodo impiegato è del tipo 6J5, montato come amplificatore con uscita a trasformatore. L'avvolgimento di placca è accordato mediante un condensatore di valore adeguato, su di una qualunque frequenza udibile. Il secondario è smorzato a mezzo di un potenziometro da 20.000 ohm, disposto in parallelo, dal cursore del quale si diparte la tensione che si rimanda all'ingresso.

Se si collega l'uscita di questo oscillatore all'entrata verticale dell'oscillografo — disponendo i comandi di quest'ultimo come di consueto nel caso in cui

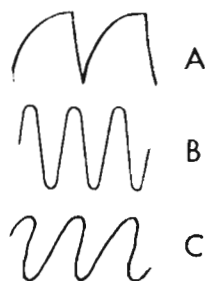



Fig. 12 - Forme d'onda in relazione alla quantità del segnale di reazione. La forma B è evidentemente regolare.

Fig. 13 - Segnale ottenuto col circuito di figura 11, ma con resistenza di griglia di valore molto alto. Ogni impulso è di due cicli, e si smorza nel punto A, per riprendere dopo un certo intervallo.

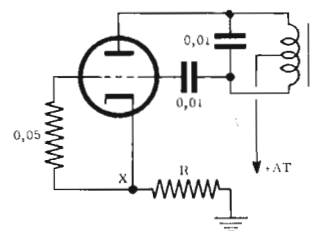



Fig. 14 - Esempio di circuito oscillatore a Bassa Frequenza, con accoppiamento diretto tra i circuiti di entrata e di uscita. La resistenza tra catodo e griglia agisce da circuito di controreazione.

si voglia osservare la forma d'onda di un segnale — si può notare che l'andamento della tensione dipende notevolmente dalla posizione del potenziometro. Quando, infatti, il cursore è del tutto in alto, (reazione positiva massima), si ottiene una forma d'onda del tipo di quella indicata dalla **figura 10-A**. Il segnale ha un andamento che si avvicina molto a quello di un'onda rettangolare. La ragione di ciò sta nel fatto che, allorchè il segnale rinviato sulla griglia ha un'ampiezza superiore al necessario per stabilire l'oscillazione, il punto di funzionamento della valvola supera, durante i picchi, la parte rettilinea della caratteristica, e la valvola entra in saturazione. Nella forma d'onda ora citata, i tratti pressochè verticali rappresentano ciò che rimane della forma sinusoidale; essendo il segnale retrocesso all'entrata molto ampio, le sinusoidi che si otterrebbero in uscita — posto che la valvola non entrasse in saturazione — avrebbero una tensione da picco a picco eccezionalmente alta. Viceversa, intervenendo il fenomeno suddetto, l'aumento della tensione cessa di colpo e le semialternanze risultano quindi « tagliate » dal tratto orizzontale.

Diminuendo gradualmente la tensione del segnale rinviato all'ingresso, l'andamento del segnale d'uscita diviene sempre più simile a quello sinusoidale fino a che, ad un punto limite, quando il segnale retrocesso non è più sufficiente a stabilire le oscillazioni, queste cessano bruscamente. Questo fenomeno prende il nome di « disinnesco ». Se ora ridiamo un poco di reazione, in modo appena sufficiente a stabilire l'entrata in oscillazione, si ottiene una forma d'onda del tipo rappresentato alla figura 10-**B**.

Come si può notare, essa si avvicina all'andamento sinusoidale, e ciò sia perchè quando la tensione retrocessa è scarsa la valvola lavora nel suo tratto rettilineo, sia perchè le armoniche superiori vengono attenuate, tanto maggiormente quanto più alto è il loro ordine, dal circuito accordato di placca, lasciando passare senza attenuazione solo la prima armonica, che, da sola, costituisce, un segnale puro.

Abbiamo quindi stabilito un fenomeno fondamentale, caratteristico non solo del circuito di figura 9, ma di tutti gli oscillatori in reazione: se la percentuale del segnale retrocesso è bassa, si ottiene una forma d'onda poco distorta, ma si corre il rischio che l'oscillatore disinneschi, mentre se la reazione è troppo alta, le oscillazioni sono assicurate, ma la forma d'onda d'uscita risulta notevolmente distorta.

Polarizzazione di griglia

Il segnale che si ottiene mediante il circuito di figura 9 non è, nel migliore dei casi (figura 10-B) perfettamente sinusoidale. Infatti, come si può notare, esso presenta sempre nel suo andamento, una certa somiglianza al tipo a dente di sega.

Nel circuito anzidetto, la polarizzazione di griglia viene ottenuta mediante una resistenza da 2.000 ohm inserita nella connessione di catodo. Cerchiamo ora di eliminare gli inconvenienti di tale circuito, modificando il sistema per ottenere la polarizzazione di griglia. Il nuovo circuito che prendiamo in esame è rappresentato alla **figura 11**. Il valore più classico per la resistenza di griglia è di 50 kohm, e per il condensatore di accoppiamento è di 10.000 pF, allo scopo di non opporre una reattanza elevata al segnale B. F.

Esaminiamo il principio di funzionamento di tale circuito, detto a « polarizzazione automatica di griglia ». In assenza di oscillazioni, la griglia è allo stesso potenziale del catodo, e la massima sensibilità della valvola che ne consegue determina un rapido inizio delle oscillazioni che, attraverso il condensatore da 10.000 pF, si trasmettono dal circuito di uscita alla griglia, in fase col segnale già presente. Durante le semialternanze positive, la griglia si comporta come la placca di un triodo, e cortocircuita le stesse verso massa. Le semialternanze negative, invece, non potendo passare attraverso la valvola, fluiscono attraverso la resistenza di griglia, determinando, ai capi della resistenza, una differenza di potenziale con polarità negativa dalla parte della griglia: questa tensione negativa viene usata come polarizzazione.

L'effetto di « polarizzazione automatica » ora citato offre, tra l'altro, il vantaggio di regolare automaticamente la sensibilità della valvola. Infatti, più l'oscillazione presente all'uscita è forte, più elevata è la tensione che essa determina ai capi della resistenza di griglia; e poichè tale elevata tensione è negativa, provvede a diminuire in proporzione la sensibilità della valvola. Quando invece la tensione d'uscita è bassa, tale è anche quella di polarizzazione, e quindi la sensibilità aumenta. Riassumendo, si ottiene co-

Fig. 15A - Forma d'onda del segnale ottenuto col circuito di figura 14, dando alla resistenza R un valore di 2.500 ohm. Come si nota, l'andamento è abbastanza regolare

Fig. 15B - Se il valore di R viene ridotto a zero, ossia in assenza completa di controreazione, il segnale prodotto risulta notevolmente distorto.

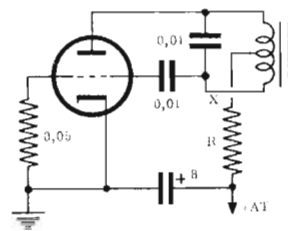



Fig. 16 - In questo caso la resistenza di controreazione, R, viene inserita nel circuito di placca invece che nel circuito di griglia.

me effetto, una bassa amplificazione dei segnali forti ed un'elevata amplificazione dei segnali deboli.

Come facilmente intuibile, il fenomeno ora enunciato determina una maggiore stabilità e regolarità nelle oscillazioni del circuito, rispetto a quelle ottenute con circuito a polarizzazione catodica. Infatti, con questo montaggio, si può constatare che la regolazione della reazione è più dolce, e la tensione d'uscita è, quando la reazione è ben regolata, molto prossima all'andamento sinusoidale. Alla **figura 12** sono rappresentati tre tipi di segnali d'uscita, così come sono stati ottenuti sullo schermo di un oscillografo. L'entrata verticale dello strumento deve essere collegata direttamente ai capi del secondario del trasformatore di uscita dell'oscillatore. In **A** vediamo il segnale che si ottiene con la reazione spinta al massimo, ossia col potenziometro tutto in alto. In **B**, invece, la reazione è regolata appena al di sopra della soglia di innesco, e si ottiene quindi un segnale ad andamento quasi perfettamente sinusoidale. La figura 12-**C** rappresenta il segnale relativo ad una regolazione intermedia.

Il valore della resistenza di griglia non è molto critico, pur dovendo essere mantenuto entro certi limiti. In generale, se esso è troppo basso, la tensione di polarizzazione risulta anch'essa troppo bassa, e quindi la sensibilità della valvola aumenta eccessivamente sovraccaricando il circuito oscillante, che produce quindi un segnale molto distorto. Inoltre, l'effetto di regolazione automatica di sensibilità diviene molto scarso, e quindi viene a mancare quella stabilità e regolarità di oscillazione caratteristica di questo tipo di circuito. Sostituendo, ad esempio, la resistenza da 50 kohm con una da 5 kohm, il segnale che si ottiene in uscita è assai simile a quello ottenuto col circuito a polarizzazione di catodo (figura 10).

Per contro, se il valore della resistenza è troppo elevato, la tensione di griglia è anch'essa molto alta e può giungere, in certi casi, a determinare un vero e proprio « blocco » della valvola. In tal caso le oscillazioni vengono a cessare, e quindi, dopo un certo periodo determinato dalla costante di tempo del circuito, le cariche di polarizzazione si scaricano a massa, determinando il reinnesco delle oscillazioni. Dopo qualche alternanza di oscillazione la valvola si blocca di nuovo ed il ciclo ricomincia. Come il lettore certamente ricorda, questo fenomeno avviene nel caso degli « oscillatori autobloccanti ». Se, tuttavia, in quel caso, esso viene determinato appositamente, per produrre impulsi aventi determinate caratteristiche, nel caso di un normale oscillatore usato per ottenere segnali sinusoidali, si tratta di un difetto molto grave.

Per poter vedere effettivamente sullo schermo di un oscillografo la forma del segnale che deriva da tale irregolarità di funzionamento, si può rimpiazzare la resistenza di griglia nel circuito di figura 11, con una di valore più elevato, ad esempio 2 Mohm. Il segnale che si ottiene allora è rappresentato alla **figura 13**. Si può notare che le oscillazioni durano solamente due cicli, dopo di che il circuito si blocca per un certo intervallo di tempo, determinato dal valore della resistenza e del condensatore di accoppiamento tra il circuito di uscita e quello d'entrata. Il ripetersi di questo processo è regolare, e possiamo quindi ben comprendere come questo circuito possa venire usato per la produzione di impulsi.

Ritornando al caso in cui il circuito funziona regolarmente, possiamo aggiungere che il valore corretto della resistenza di griglia dipende anche dalla frequenza di oscillazione. Infatti, nel caso si vogliano ottenere oscillazioni a frequenza bassa, il valore della resistenza può salire anche a 100.000 ohm ed oltre. Nel caso, invece, il generatore oscilli a frequenze molto elevate, si può scendere a 20 od anche a 10 kohm.

Controreazione

Vediamo ora come, introducendo una controreazione, il circuito oscillatore possa venire ulteriormente migliorato. In entrambi i circuiti precedenti, sia quello della figura 9 che quello della figura 11, la reazione può esere variata mediante il cursore del potenziometro disposto in parallelo al secondario del trasformatore. In questo modo tale circuito risulta fortemente smorzato dalla resistenza in parallelo, e quindi non lo si può considerare un circuito accordato.

Un sistema migliore per prelevare la tensione di reazione, sarebbe quello di poter disporre di una presa variabile sul secondario, ma ciò risulta evidentemente di difficile realizzazione pratica. Si ricorre allora al circuito di **figura 14**, nel quale si ha un accoppiamento diretto tra il circuito di uscita ed il circuito di entrata. In questo modo la reazione risulta fissa, e

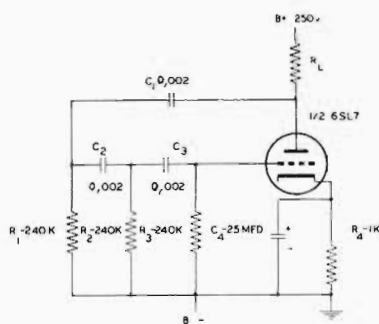



Fig. 17 - Esempio di circuito oscillatore a Bassa Frequenza, del tipo detto a «spostamento di fase».

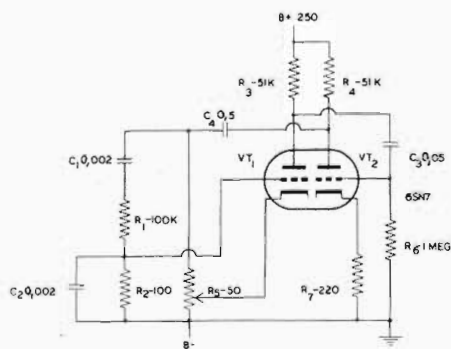



Fig. 18 - Oscillatore di Bassa Frequenza, del tipo già noto - detto a «ponte di Wien». La frequenza è determinata dai valori di R1, C1, R2 e C2.

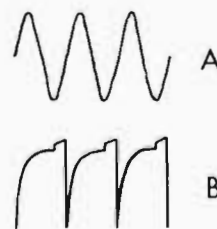



Fig. 19 - Segnali ottenuti col circuito di figura 18. In A essi sono sinusoidali, in B molto distorti.

prossima al valore massimo. E' però presente, nel circuito di catodo, una controreazione, ottenuta mediante una resistenza comune al catodo ed alla griglia. Il valore di tale resistenza viene scelto opportunamente, in modo da regolare la sensibilità della valvola di poco al di sopra della soglia di innesco delle oscillazioni. Eventualmente tale resistenza può essere variabile, con valore da 0 a 5.000 ohm.

Non si confonda la resistenza di controreazione con la resistenza di polarizzazione presente nel circuito di catodo dello schema di figura 9. Là, infatti, la resistenza da 2.000 ohm risulta inserita nel solo circuito di catodo, e non in quello di griglia, e quindi determina una tensione di polarizzazione positiva sul catodo, ossia negativa sulla griglia. Qui invece la resistenza è comune al catodo ed alla griglia, e non determina quindi alcuna differenza di potenziale tra tali elettrodi. La tensione di polarizzazione è, invece, ottenuta, come nel caso della figura 11, automaticamente, a mezzo della resistenza di griglia da 50 kohm, che agisce in conseguenza del segnale proveniente dalla uscita tramite il condensatore da 10.000 pF.

La **figura 15** rappresenta due forme d'onda ottenute col circuito di cui si è ora detto. Il segnale rappresentato in **A**, avente un andamento pressochè sinusoidale, è stato ottenuto con un valore R pari a 2.500 ohm, mentre quello rappresentato in **B** corrisponde alla completa esclusione della resistenza ($R = 0$), ossia alla totale mancanza di controreazione. Dalla differenza tra questi due segnali si può comprendere quale sia l'efficacia della controreazione.

Nei casi in cui non si possa introdurre la resistenza nel circuito di catodo-griglia, perchè ragioni di progettazione esigono la connessione del catodo a massa, si può introdurre una controreazione nel circuito placca-griglia, secondo lo schema di **figura 16**. Come si vede, la resistenza è stata questa volta introdotta in serie all'alimentazione anodica, e determina una retrocessione di parte del segnale presente sulla placca nel circuito di griglia, ma in opposizione di fase. Il valore della resistenza R non è molto dissimile da quello usato nel circuito precedente, sul catodo.

Ponendo l'oscillografo all'uscita del circuito, ad esempio ai capi del carico anodico induttivo, si possono anche questa volta osservare segnali del tipo di quelli della figura 15, dipendenti dal valore di R.

Oscillatori RC — Tra questi tipi di oscillatori, che non necessitano di un'induttanza per il loro funzionamento, già conosciamo il tipo a «spostamento di fase» ed il tipo a «ponte di Wien». Circa l'oscillatore a spostamento di fase, sul principio di funzionamento del quale non ci soffermiamo ulteriormente, si possono effettuare, con l'oscillografo, due misure interessanti. Consideriamo il circuito di **figura 17**: con i valori ivi elencati per le resistenze ed i condensatori, si ottiene un segnale della frequenza di circa 84 Hz. Supponiamo ora di variare contemporaneamente le resistenze R_1, R_2 ed R_3 ed i condensatori C_2 e C_3, pur mantenendoli eguali tra loro. Se misuriamo, con un oscillografo e con un generatore a frequenza nota, la frequenza del segnale che si ottiene in uscita (alla placca della valvola), troviamo che essa segue la formula:

$$f = \frac{1}{2 \pi \sqrt{6}\, RC}$$

naturalmente, con una certa tolleranza, dovuta alla imprecisione dei condensatori e delle resistenze.

Si può inoltre verificare che, per un corretto funzionamento del circuito, la resistenza R_L non possa essere scelta ad arbitrio, ma debba essere compresa entro certi limiti determinati dai valori delle resistenze e dei condensatori della rete di sfasamento. Ad esempio, nel caso dei valori del circuito di figura 17, si trova che R_L deve essere di circa 70 kohm. Introducendo resistenze di 20 kohm oppure da 250 kohm, si può verificare che il circuito non oscilli più. La forma d'onda che si osserva, applicando all'entrata verticale dello oscillografo il segnale presente tra la placca ed il catodo, non è mai perfettamente sinusoidale. La sua qualità può comunque essere variata, attraverso opportune variazioni della resistenza R_L.

Con i valori da noi scelti come esempio, il circuito ora descritto è in grado di fornire una tensione d'uscita di circa 50 volt picco a picco. Anche questa misura può essere effettuata con l'oscillografo. Si può, inoltre, verificare come, allontanando il valore di R_L dalla zona attorno ai 70 kohm, l'ampiezza del segnale diminuisce, fino a sparire completamente oltre certi limiti (soglia di disinnesco delle oscillazioni).

Un esempio di circuito a ponte di Wien è rappresentato alla **figura 18**. In questo caso, la frequenza di

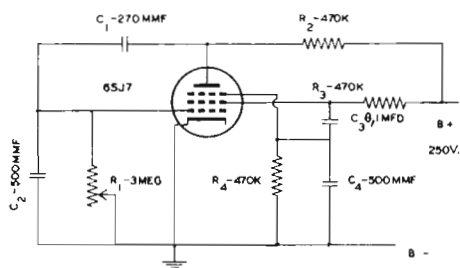



Fig. 20 Circuito oscillatore a Bassa Frequenza, nel quale la frequenza del segnale prodotto può essere variata variando il valore di R1.

Fig. 21 A - Forma d'onda del segnale ottenuto alla frequenza di 50 Hz.

Fig. 21 B - Portando la frequenza a 5.000 Hz, la forma d'onda migliora.

Fig. 21 C - Aumentandola ancora a 15 kHz, si ottengono segnali quasi sinusoidali.

---

oscillazione è determinata principalmente dai valori dei componenti le reti $R_1 - C_1$ ed $R_2 - C_2$. Il potenziometro R_3, che costituisce l'altro ramo del ponte, ha lo scopo di variare sia la forma d'onda del segnale d'uscita che la frequenza di oscillazione.

Esaminiamo all'oscillografo la forma d'onda del segnale d'uscita. Essa, come abbiamo detto, dipende dalla posizione del potenziometro R_5. Supponendo che sia $R_1 = R_2$ e $C_1 = C_2$, si trova che, in corrispondenza della posizione di R_5 che dà la migliore forma per il segnale di uscita, la frequenza di oscillazione del circuito può venire determinata mediante l'espressione:

$$f = \frac{1}{2 \pi RC}$$

ove R è il valore di R_1 e di R_2 e C è il valore di C_1 e C_2. Il segnale ottenuto è simile a quello della **figura 19-A**. Nel caso dei valori indicati alla figura 18, la frequenza di oscillazione è, in tale posizione, di circa 325 Hz. Effettuando la misura della tensione di uscita si trova che essa è di circa 7 volt picco a picco.

Supponiamo ora di variare la posizione di R_3, fino ad ottenere una frequenza di uscita di valore molto diverso, ad esempio 90 Hz. In tal caso si trova che la tensione di uscita è aumentata considerevolmente, e può anche superare i 100 volt di picco. La qualità del segnale è invece assai peggiorata, ottenendosi in questo caso l'oscillogramma della figura 19-**B**, che è assai distorto rispetto alla forma d'onda sinusoidale.

Riassumendo, possiamo concludere che sia i valori di R e C, sia quello di R_5 influiscono sulla frequenza e sulla qualità del segnale. Se però consideriamo solo segnali sinusoidali, la frequenza corrispondente è determinata dai soli valori di R e C, in base alla formula sopra citata. Viceversa, se consideriamo solo i segnali di una data frequenza, la loro qualità è determinata solo dalla posizione del potenziometro R_5.

Un tipo di generatore di oscillazioni del tipo RC, che finora non abbiamo mai preso in considerazione, è il « transitron ». Il suo principio di funzionamento è basato sulla resistenza negativa di un amplificatore a tetrodo, che consente di mantenere le oscillazioni. In effetti, per ottenere un circuito oscillante, è sufficiente che la resistenza « positiva » che incontra il segnale passando attraverso una valvola, sia controbilanciata da una resistenza « negativa », di valore almeno pari. Tale resistenza negativa si ottiene in generale reiniettando parte del segnale presente all'uscita nel circuito di ingresso (reazione positiva) sia a mezzo di circuiti accoppiati, sia direttamente o con condensatori.

Nel caso del circuito riportato alla **figura 20**, variando la resistenza R_1, si ottiene una frequenza d'uscita che copre la banda da 18 a 14.000 Hz. Si tenga però presente che, con tale circuito, la frequenza non dipende essenzialmente dal valore di alcuni componenti, bensì da quello di tutte le resistenze e dei condensatori, come pure dal tipo della valvola.

Il circuito « transitron », benchè molto semplice e pratico, presenta un grave inconveniente: la forma d'onda del segnale di uscita è, in genere, molto distorta rispetto all'andamento sinusoidale. In ogni caso, essa tende a migliorare al salire della frequenza di oscillazione. Nel caso dei valori indicati alla figura 20, se si misura la frequenza e, contemporaneamente, si osserva la forma d'onda, si ottengono gli oscillogrammi rappresentati alla **figura 21**. In **A** è indicato il segnale ottenuto alla frequenza di 50 Hz, in **B** a 5.000 Hz ed in **C** a 15 kHz.

Oscillatori di Alta Frequenza — Le misure oscillografiche che si possono eseguire su tali generatori non differiscono da quelle sopra descritte. L'unica difficoltà consiste nella necessità di un oscillografo avente una banda passante molto ampia, onde consentire il passaggio indistorto del segnale che si vuole esaminare. Inoltre, la frequenza del generatore interno a dente di sega deve giungere a valori abbastanza elevati, se si vuole esaminare accuratamente la forma d'onda.

Supponiamo di voler misurare la tensione d'uscita e la forma d'onda di un segnale avente la frequenza di circa 1 MHz. E' necessario che:

1) La frequenza del generatore interno deve arrivare almeno a 150 - 200 kHz, onde consentire un esame accurato di alcuni cicli separati del segnale;

2) La banda passante del canale verticale deve estendersi fino ad almeno 5 MHz. Sembrerebbe che possa bastare una banda fino ad 1 MHz, ma occorre tenere presente che in tal modo le armoniche superiori del segnale vengono tagliate, e quindi esso può apparire sinusoidale anche se il suo andamento è, in realtà, molto distorto.

ACCESSORI PER L'OSCILLOGRAFO e RELATIVE APPLICAZIONI

Così come molti altri strumenti di laboratorio, anche l'oscillografo a raggi catodici può essere corredato di apparecchiature accessorie che, in genere non molto complesse, ampliano, tuttavia, notevolmente le possibilità di applicazione. In questa lezione analizzeremo i più importanti di tali apparecchi accessori, e daremo al lettore la possibilità di costruirli affinchè gli sia possibile completare o eventualmente arricchire l'attrezzatura di cui intende munirsi.

Uno degli accessori tra i più utili è il commutatore elettronico, la cui disponibilità consente spesso di ottenere da un oscillografo di caratteristiche comuni le medesime prestazioni ottenibili invece con uno strumento di classe e di costo notevolmente più elevato.

COSTRUZIONE di un commutatore elettronico

Come abbiamo avuto occasione di dire sommariamente, durante lo studio dell'oscillografo, sono stati realizzati strumenti di questo tipo permettenti l'osservazione contemporanea di due segnali distinti. In sostanza, un'apparecchiatura del genere nasce dall'abbinamento di due oscillografi, i cui amplificatori orizzontali e verticali fanno capo ad un unico tubo a raggi catodici caratterizzato da un doppio cannone elettronico. I due raggi vengono convogliati sul medesimo schermo con un certo angolo di convergenza. In tal modo, le due tracce si sviluppano contemporaneamente ed indipendentemente, consentendo l'esame — ad esempio — del segnale di ingresso e di quello di uscita di un amplificatore, ovvero le fasi e le modifiche subite dal segnale attraverso un amplificatore, senza peraltro dover frequentemente collegare l'ingresso dell'amplificatore verticale all'uno e all'altro punto nel quale interessa compiere l'indagine.

Il commutatore elettronico permette di ottenere lo stesso risultato di cui si è detto sopra con un oscillografo a traccia semplice. I due segnali da osservare **contemporaneamente** vengono immessi ai due ingressi dell'accessorio, e ne escono alternativamente — ossia sostituendosi a vicenda — con una certa frequenza, detta *frequenza di commutazione*, per avviarsi all'entrata unica dell'oscillografo (entrata verticale).

Ovviamente, dal momento che la frequenza di commutazione è — di solito — piuttosto elevata, l'inerzia della retina dell'occhio dell'osservatore non permette di notare la successione delle due immagini: esse sembrano, pertanto, costantemente presenti sullo schermo, esattamente come avviene con gli oscillografi a doppia traccia.

Caratteristiche generali

Frequenze di commutazione	150, 500, 1.500 e 5.000 Hz circa
Responso alla frequenza del segnale	± 1 dB da 0 a 100 kHz
Impedenza d'ingresso	100 kohm
Impedenza d'uscita .	1.000 ohm, in parallelo a 1.000 pF
Ampiezza massima segnale uscita . .	25 volt di picco
Massimo guadagno .	5 volte
Massima ampiezza di ingresso per massima uscita	1,8 volt eff. (pari a 5 volt di picco)
Transitori di commutazione	2 volt di picco (*)
Valvole impiegate .	due 12AX7, tre 12AU7, una 6C4 ed una 6X4
Alimentazione	105-125 volt, 50 Hz, 30 W
Dimensioni	cm 24 x 16,5 x 12,6

(*) I transitori di commutazione, vale a dire quei segnali di picco spuri che si generano in seguito alla commutazione elettronica interna, possono sovraccaricare l'amplificatore ad alto guadagno dell'oscillografo;

Fig. 1 - Circuito elettrico del commutatore elettronico mod. S-3. Sono riportati i valori dei diversi componenti, oltre alla funzione dei controlli e dei morsetti disponibili. Si tratta - in pratica - di un circuito multivibratore (valvola generatrice 12AU7), il cui compito consiste nel fornire segnali che portano alternativamente alle condizioni di interdizione le due valvole commutatrici costituite dalle due sezioni del doppio triodo 12AU7 che segue gli stadi di ingresso. I due stadi ora citati dànno una certa amplificazione, ed agiscono all'unisono con i due stadi amplificatori di sincronismo (valvola 12AX7 a destra). Questi ultimi forniscono i segnali che possono essere collegati alla presa per il « sincronismo esterno » dell'oscillografo.
L'alimentazione è del tutto convenzionale. La frequenza di commutazione può essere variata, e può assumere quattro diversi valori. L'uscita è disponibile sulla resistenza di carico della valvola finale (6C4).

Fig. 2 - Schema a blocchi del circuito di figura 1, illustrante le diverse funzioni degli stadi e dei morsetti di collegamento.

è bene perciò che i segnali di ingresso da esaminare presentino già il valore di almeno 0,1 volt prima del collegamento al commutatore.

DESCRIZIONE del CIRCUITO

Il commutatore elettronico mod. S-3, che presentiamo, è disponibile in commercio nella ormai ben nota forma di scatola di montaggio. Il circuito elettrico, illustrato in **figura 1**, ci dimostra che l'apparecchio è relativamente semplice; appare subito evidente che le difficoltà di costruzione, specie per chi abbia già realizzato altre apparecchiature, non sono preoccupanti.

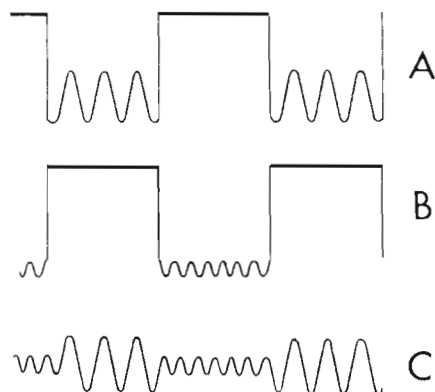



Fig. 3 - Esempio di immagini separate di due segnali diversi (A e B) e immagini contemporanee (C). In questo ultimo caso il comando di posizione è regolato in modo da avere un asse unico.

La commutazione dell'uno all'altro dei segnali di ingresso può avere luogo ad una qualsiasi delle frequenze disponibili sopracitate, frequenze determinate da quattro capacità (il cui valore ha ampi limiti di tolleranza).

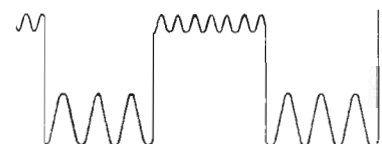



Fig. 4 - Rappresentazione di due segnali simultanei, ma spostati rispetto all'asse, per una comoda osservazione.

Di conseguenza, l'eventualità che tra dette frequenze esista un rapporto armonico è trascurabile. E' possibile così scegliere una frequenza di commutazione sufficientemente diversa da quella del segnale in esame, onde evitare che sullo schermo dell'oscillografo si osservino contemporaneamente sia il segnale commutato che gli impulsi di commutazione.

L'uscita dell'amplificatore di sincronismo può essere impiegata per fissare l'immagine sullo schermo dell'oscillografo, previo collegamento alla presa del « sincronismo esterno » di quest'ultimo.

L'uscita dello stadio ad accoppiamento catodico è invece connessa direttamente alla griglia della valvola di commutazione.

La **figura 2** illustra lo schema funzionale, suddiviso nelle diverse sezioni. Il segnale applicato all'ingresso *A*

Fig. 5 - Forma d'onda del segnale di commutazione, in assenza di segnali di ingresso.

può essere attenuato fino a raggiungere il livello opportuno, dopo di che viene convogliato sia ad un amplificatore di sincronismo, sia ad uno stadio ad accoppiamento catodico.

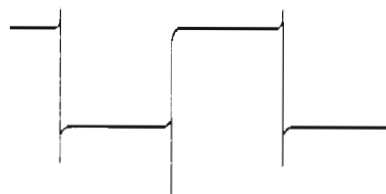



Fig. 6 - Rappresentazione grafica dei transitori che accompagnano il segnale di commutazione.

Il circuito di commutazione produce segnali ad onda quadra nei circuiti di placca del doppio triodo. Il segnale ad onda quadra presente su una delle due placche è accoppiato alla griglia di una delle due unità contenute nel doppio triodo pilota. Il catodo della stessa valvola, è, a sua volta, collegato direttamente al catodo della valvola di commutazione.

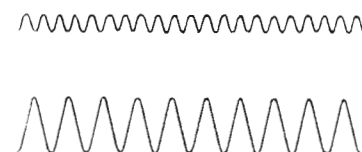



Fig. 7 - Immagine dei due segnali di ingresso ottenuta con frequenza di comutazione asincrona, ed effettuando il sincronismo sulle frequenze dei segnali di ingresso.

Il compito del segnale ad onda quadra consiste nel fare in modo che la valvola di commutazione passi alternativamente dalle condizioni di funzionamento a quelle di interdizione, vale a dire agisca esattamente come un commutatore.

Il segnale ad onda quadra presente sull'altra placca del circuito generatore esercita un'azione identica nei confronti dell'altra metà della valvola pilota e della valvola di commutazione, riferite entrambe al

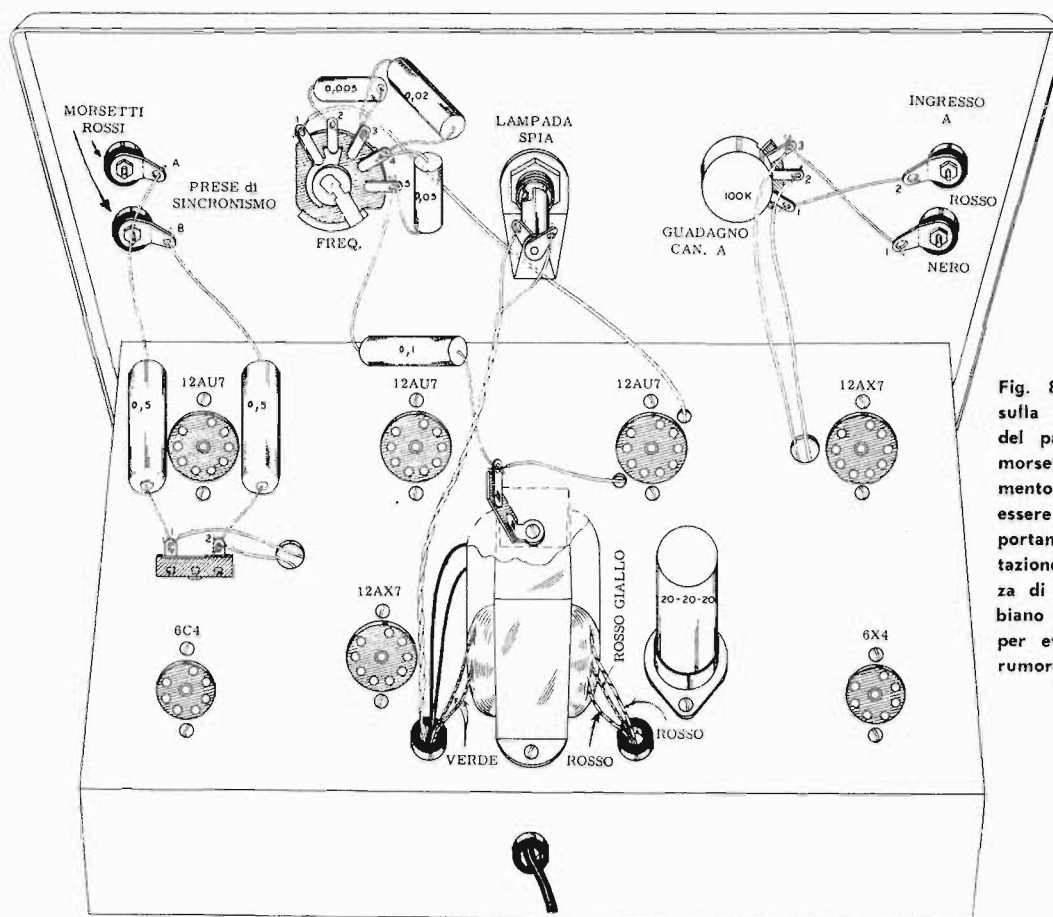



Fig. 8 - Disposizione dei componenti sulla parte superiore dello chassis e del pannello di comando. Si notino i morsetti ed i relativi colori. L'orientamento degli zoccoli portavalvola deve essere mantenuto come indicato. E' importante che il trasformatore di alimentazione, visibile in figura, e l'impedenza di filtro, montata inferiormente, abbiano i nuclei orientati tra loro a 90°, per evitare accoppiamenti che causano rumore di fondo.

secondo ingresso dell'apparecchio (contrassegnato *B* sullo schema di figura 1 e 2).

Quando lo stadio di commutazione *A* amplifica normalmente, l'altro stadio, *B*, si trova in interdizione e viceversa. Le placche di entrambi questi stadi sono collegate insieme, ed alimentate attraverso una resistenza di carico in comune: di conseguenza, i due segnali di ingresso si manifestano in uscita alternativa- ai capi della stessa resistenza di carico, nella forma illustrata alla **figura 3-A** e 3-**B**.

Se le valvole commutatrici funzionano con differenti tensioni di polarizzazione, le normali correnti anodiche rispettive variano, come pure le relative tensioni anodiche: in tal caso, i due segnali di uscita risulteranno reciprocamente spostati, come illustrato in **figura** 4.

Allorchè ciò si verifica — e negli istanti in cui entrambi i segnali di ingresso (*A* e *B*) hanno un'ampiezza pari a zero — il segnale d'uscita risultante, che si manifesta ai capi della resistenza di carico comune, è un'onda quadra, del tipo illustrato alla **figura 5**.

La commutazione da una valvola all'altra non avviene istantaneamente; ciò dà luogo alla presenza di segnali transitori, che si manifestano in ogni oscillazione sotto forma di alterazione della forma degli angoli, come è illustrato alla **figura 6**. L'ampiezza effettiva di queste alterazioni varia a seconda della valvola impiegata.

Se si adotta una frequenza di commutazione asincrona, e — per fissare l'immagine sullo schermo — si effettua il sincronismo sulla frequenza del segnale invece che su quella di commutazione, si ottiene una specie di mascheramento dei segnali di commutazione e dei relativi transitori; sullo schermo del tubo si osserverà pertanto la presenza dei soli segnali di ingresso *A* e *B*, come in **figura** 7.

Il controllo di posizione consente di variare la polarizzazione e — di conseguenza — lo spostamento delle due immagini. E' quindi possibile separare queste ultime completamente, come pure fare in modo che esse risultino perfettamente sovrapposte sullo schermo fluorescente.

I segnali presenti sulla placca della valvola di commutazione sono accoppiati poi, direttamente, alla griglia di una valvola funzionante con uscita catodica, ed è quest'ultima valvola quindi che fa capo — attraverso un condensatore di notevole capacità — al morsetto di uscita.

I terminali d'uscita sono « shuntati » da un condensatore che ha il compito di ridurre in parte i transitori di commutazione. Il responso dello strumento alle frequenze elevate è quindi ridotto dalla presenza di questo condensatore. Ovviamente, sopprimendolo, è possibile aumentare l'estensione della curva di responso, a scapito però della neutralizzazione dei segnali transitori. Viceversa, nelle applicazioni in cui si opera esclusivamente con segnali di frequenza bassa, è possibile aumentare il valore di tale condensatore riducendo così ulteriormente l'ampiezza di detti transitori, fino a renderli pressochè trascurabili. Si tenga comunque presente che, con valori maggiori di 0,01 μF, la neutralizzazione dei transitori non migliora in modo apprezzabile, mentre viene ridotta notevolmente la qualità dell'immagine per l'arrotondamento degli angoli dei segnali ad onda quadra.

Fig. 9 - Vista inferiore del telaio montato. E' visibile la maggior parte dei collegamenti, come pure la disposizione di vari componenti del circuito.

Il MONTAGGIO MECCANICO

Abbiamo già avuto frequenti occasioni di descrivere la realizzazione di strumenti di misura forniti come scatola di montaggio, per cui non ci dilungheremo sui consueti preliminari. Come nelle precedenti occasioni, le figure che completano la descrizione sono di per se stesse sufficienti per comprendere come sia possibile disporre le varie parti ed unirle tra loro elettricamente.

La **figura 8** illustra la parte superiore del telaio, e quella del pannello, vista posteriormente. A sinistra, sono visibili i due morsetti per l'uscita del segnale di sincronismo esterno, (canali *A* e *B*); proseguendo verso destra notiamo il selettore di frequenza (di commutazione), con i quattro condensatori nelle rispettive posizioni di montaggio, la lampada spia, il controllo di amplificazione del canale *A* (potenziometro da 100 kohm), ed i morsetti di ingresso del canale relativo. Si osservi che, mentre tra questi ultimi due morsetti, uno, e precisamente quello inferiore, di colore nero, deve essere connesso a massa, i due morsetti di sinistra, entrambi di colore rosso, sono invece entrambi isolati dal telaio (essi forniscono i segnali di sincronismo).

Sul piano orizzontale del telaio, visto dall'alto, notiamo i sette zoccoli portavalvole (che vediamo rovesciati in **figura 9**), il trasformatore di alimentazione, il cui nucleo è ad angolo retto rispetto a quello dell'impedenza di filtro sistemata inferiormente al piano del telaio, onde evitare l'accoppiamento del flusso alternato, l'elettrolitico tubolare doppio, ed infine, una basetta di ancoraggio a due posti, a sinistra, alla quale fanno capo i due condensatori connessi ai morsetti di uscita dei segnali di sincronismo.

Come si nota, il montaggio meccanico non offre alcuna difficoltà, le uniche precauzioni da adottare consistono nel rispettare la posizione dei diversi componenti, nello stringere adeguatamente le viti di fissaggio, e nel predisporre il telaio del montaggio su di un panno, onde evitare di graffiare il pannello di comando, prima di iniziare il cablaggio.

Anche la parte inferiore del telaio e del pannello è visibile in figura 9, unitamente ai primi collegamenti.

Il MONTAGGIO ELETTRICO

Anche per quanto riguarda il montaggio elettrico non sussistono difficoltà: lo schema che — ripetiamo — è relativamente semplice, è già una guida sufficiente per collocare al loro posto i diversi componenti: tuttavia, per facilitare al massimo il compito, e per evitare che chi realizza questo strumento effettui qualche collegamento facendogli seguire un percorso diverso da quello previsto, riportiamo — come di consueto — le illustrazioni relative alle principali fasi del montaggio.

Si inizierà con l'applicazione del cordone di rete, per poi proseguire con i collegamenti di massa, con quelli dei filamenti delle diverse valvole, ecc. A tale proposito, si osservi che le valvole ad accensione a 12 volt vengono invece accese con 6 volt, collegando in parallelo le due metà del filamento. Ciò è possibile per la presenza di un piedino corrispondente al centro del filamento.

Fig. 10 - Aggiunta degli ultimi componenti alla fase di montaggio di figura 9. Si noti il conduttore di massa, rigido, al quale fanno capo diverse resistenze.

Si proseguirà, poi, applicando i condensatori e le resistenze visibili nella figura citata, dopo di che si completerà il montaggio elettrico come illustrato in **figura 10**. Per maggior chiarezza, in questa figura è stato riportato in tratto più leggero il montaggio di figura 9, mentre con tratto più marcato sono stati messi in evidenza i componenti da aggiungere nell'ultima fase del montaggio. Come è facile osservare, un unico conduttore di massa, nudo, facente capo al morsetto di uscita corrispondente alla massa stessa, viene teso internamente al telaio dopo averlo opportunamente sagomato. Ad esso fanno capo tutte le resistenze che, sullo schema sono connesse a massa. Si noti anche il cavetto schermato (mediante una spirale metallica), teso tra la basetta di ancoraggio a due posti visibile a sinistra, ed i piedini *2* e *7* della 12AX7 che funge da amplificatrice di sincronismo.

Terminata l'applicazione di tutti i componenti e dei relativi collegamenti, non rimane che controllare accuratamente tutto il lavoro effettuato, seguendo sempre con la massima attenzione sia lo schema elettrico che i disegni raffiguranti le varie fasi del montaggio.

Sarà bene effettuare questo controllo con un ohmetro, mediante il quale è possibile accertarsi sia della continuità dei diversi collegamenti, sia del valore delle resistenze e dell'isolamento dei condensatori.

Il COLLAUDO

Come in tutti i montaggi, il primo controllo consiste nella verifica di eventuali corto circuiti ai capi del secondo condensatore elettrolitico di filtro. La resistenza misurata, dopo il lento ritorno dell'indice dell'ohmetro predisposto per la massima sensibilità, deve essere dell'ordine di 500 kohm.

Se tutto è in ordine, è opportuno togliere tutte le valvole dai rispettivi zoccoli; si innesti quindi la spina del cordone rete in una presa di corrente. Si rammenti a tale proposito che il trasformatore di alimentazione è adatto ad una tensione primaria di circa 105/125 volt, corrente alternata: di conseguenza, qualora il valore della tensione disponibile fosse maggiore, occorrerà interporre tra l'apparecchio e la presa di corrente un autotrasformatore o trasformatore di adattamento, della potenza di 30 watt circa.

Ciò fatto, dopo aver azionato l'interruttore di accensione, e dopo aver constatato che la lampada spia presente sul pannello si accende regolarmente, è bene verificare, col « tester » predisposto per la misura di tensioni alternate, che l'alta tensione fornita alle placche della valvola rettificatrice ammonti complessivamente a 420 volt (2 x 210), e che le diverse tensioni disponibili ai piedini corrispondenti ai filamenti delle diverse valvole ammontino tutte a circa 6,3 volt.

Constatato che tutto è in regola, non resta che rimettere a posto le valvole, e riaccendere l'apparecchio. A questo punto, col « tester » predisposto per la misura di tensioni continue, si verificheranno le tensioni presenti verso massa in corrispondenza dei piedini dei sette zoccoli portavalvola. Riportiamo la tabella apposita dove le tensioni sono elencate in ordine progressivo dei piedini, a fianco di ogni singola valvola. Si tenga presente che tali tensioni corrispondono — in realtà — alle misure effettuate con un voltmetro a valvola avente una resistenza di ingresso di 11 Mohm. Ovviamente, usando invece un comune « tester » da 10 o 20 kohm/

VALVOLA	Pied. 1	Pied. 2	Pied. 3	Pied. 4	Pied. 5	Pied. 6	Pied. 7	Pied. 8	Pied. 9
6X4 RETTIFIC.	210C.A.	NC	6,3C.A.	0	NC	210C.A.	280		
12AX7 INGRESSO	250	0	2,5	6.3C. A.		250	0	2,5	0
12AU7 GENERATR.	230	NS	180	6,3C. A.		230	NS	180	0
12AU7 PILOTA	180	NS	14	6,3C. A.		180	NS	14	0
12AU7 COMMUTATR.	140	2,5	14	6,3C. A.		140	2,5	14	0
12AX7 AMPL. SINCR.	100	0	0	6,3 C. A.		100	0	0	0
6C4 FINALE	250	NC	6,3C.A.	0	250	140	140		

Tabella delle tensioni, rilevate con un voltmetro a valvola avente un'impedenza di ingresso di 11 Mohm. I valori elencati possono differire del 20% in più o in meno, sia per variazioni della tensione di rete, che per errore introdotto dallo strumento con cui si effettuano le letture.

volt, le letture risulteranno proporzionalmente inferiori. Riteniamo tuttavia che il lettore — a questo punto — abbia conseguito un'esperienza sufficiente per giudicare l'esattezza delle letture. In ogni caso, ferme restando le caratteristiche dello strumento adottato e in base alle quali è stata redatta la tabella, i valori elencati possono differire del 20% in più o in meno, sia a causa della tolleranza delle resistenze, sia a causa di eventuali discordanze con la tensione di rete.

Le sigle « NS » e « NC » presenti nella tabella significano — rispettivamente — « Non misurare » e « Nessuna connessione ».

Se tutte le tensioni sono in ordine, lo strumento può essere considerato pronto a funzionare. Non è necessaria alcuna messa a punto, in quanto non sono presenti nel circuito componenti da regolare, eccettuati i comandi esterni che vanno regolati durante l'uso dello strumento, di volta in volta, a seconda delle esigenze.

In CASO di DIFFICOLTA'

Qualora si riscontrassero delle discordanze di notevole entità tra le letture di tensione effettuate e quelle riportate nella tabella, tenendo conto della tolleranza dichiarata e dell'eventuale errore introdotto dal particolare tipo di strumento di misura adottato, sarà bene effettuare i seguenti controlli:

1) Controllare ancora una volta, e con la massima cura, l'esattezza dei collegamenti, seguendo il circuito sia sullo schema elettrico che sui disegni raffiguranti le diverse fasi del montaggio.

2) Osservare attraverso il bulbo di vetro che tutte le valvole si accendano regolarmente.

3) Controllare l'isolamento dei condensatori a carta, e — se possibile — verificarne la capacità mediante un capacimetro.

4) Verificare se ogni valvola è stata inserita nello zoccolo ad essa riservato.

Si rammenti — in ogni caso — che qualsiasi difetto non può essere imputato che ad un errore di collegamento, o a deterioramento di uno o più componenti. Verificare — se necessario — lo stato di funzionamento delle valvole mediante un provavalvole.

USO dell'APPARECCHIO

Come sappiamo, lo scopo di questo strumento è quello di consentire l'osservazione sullo schermo fluorescente di un oscillografo di due segnali diversi, contemporaneamente. Il sincronismo deve essere effettuato sulla frequenza di uno dei due segnali, e **non** sulla frequenza di commutazione. Se la frequenza dei due segnali non è la medesima, la frequenza del segnale orizzontale deve essere scelta in modo da avere un valore sottomultiplo di entrambi.

I due segnali devono essere connessi rispettivamente ai morsetti di ingresso *A* e *B*, presenti lungo il lato verticale sinistro del pannello frontale. La tensione di sincronismo, che deve essere iniettata nella presa di « sincronismo esterno » dell'oscillografo, dopo aver messo in tale posizione il relativo selettore orizzontale, può essere prelevata da uno dei morsetti *A* o *B* (rossi). In genere, si sceglie quello che consente il risultato migliore.

Ad esempio, se uno dei segnali (*A*) ha la frequenza di 200 Hz. e l'altro (*B*) ha la frequenza di 500 Hz. dando alla tensione del segnale orizzontale (a dente di sega) una frequenza di 100 Hz. si osserveranno sullo schermo due cicli completi del segnale *A*, e cinque del segnale *B*.

E' possibile, con l'aiuto di questo strumento, osservare contemporaneamente due segnali transitori interdipendenti. Agendo poi sul controllo di posizione, è possibile spostare o sovrapporre le due immagini, a seconda delle esigenze, per un confronto più comodo ed immediato.

Le diciture presenti sul pannello di comando hanno il seguente significato: « A INPUT » = ingresso A; « B INPUT » = ingresso B; « A GAIN » = Amplificazione canale A; « B GAIN » = Amplificazione canale B; « RATE » = Frequenza di commutazione; « SYNC. OUT » = Uscita di segnali di sincronismo; « OUTPUT » = Uscita; « POSITION » = Controllo di posizione; « POWER » « ON - OFF » = Alimentazione, acceso, spento.

ESEMPI di IMPIEGO

Come abbiamo già accennato, la funzione essenziale del commutatore elettronico consiste nell'alternare, in

uscita, due segnali presenti ai suoi due ingressi, consentendo così una rappresentazione, sullo schermo dell'oscillografo, di due forme d'onda contemporaneamente.

Ciò è particolarmente utile per misure di confronto. Le misure di frequenza, di cui abbiamo descritto diverse tecniche, possono essere effettuate molto facilmente col commutatore elettronico. Basta collegare il segnale a frequenza incognita ad una delle due entrate del commutatore, ad esempio all'entrata *A*; all'entrata *B* si applica invece l'uscita di un generatore di segnali a frequenza nota, variabile con continuità. Quest'ultima frequenza si sceglie anche come frequenza di sincronismo, e la si applica quindi all'apposita presa di « sincronismo esterno » dell'oscillografo (**figura 11**).

A questo punto, regolando in modo opportuno la frequenza del generatore, si può far in modo di ottenere sullo schermo un numero intero di cicli del segnale incognito, ed un altro numero intero di cicli (in genere minore) del segnale noto. Come è ovvio, il rapporto tra questi due numeri ci dà direttamente il rapporto tra le due frequenze. Se, ad esempio, si ottengono 9 cicli del segnale incognito e 3 cicli del segnale noto, la frequenza del primo è pari a 9 : 3 ossia a 3 volte quella dell'altro.

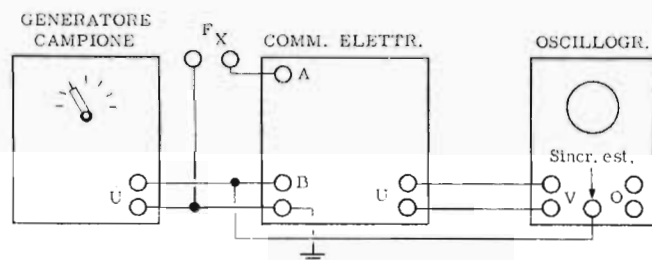



Fig. 11 - Disposizione del generatore, del commutatore elettronico e dell'oscillografo, per misure di frequenza. Come si nota, la frequenza del segnale erogato dal generatore campione viene usata anche come frequenza di sincronismo.

Un altro tipo di misurazione oscillografica, nel quale si considerano contemporaneamente due segnali, è la misura di sfasamento. Già abbiamo visto come sia possibile, applicando due segnali alle due entrate dello oscillografo, determinare l'angolo di fase in base alla figura che si ottiene. Il metodo però, è applicabile solo al caso in cui i due segnali siano sinusoidali, o comunque non molto distorti. Il metodo che ora descriveremo, basato sull'osservazione contemporanea dei due segnali mediante un commutatore elettronico, consente il confronto della fase di segnali a forma d'onda comunque complessa, ed anche differente tra uno e l'altro.

I due segnali vengono separati agli ingressi *A* e *B* come nel caso precedente, e — come prima — si preleva un segnale di sincronismo (questa volta è indifferente sia l'uno o l'altro, avendo entrambi la stessa frequenza), da applicarsi all'ingresso di « sincronismo esterno ». Il regolatore di posizione va posto in modo che le due forme d'onda risultino con i picchi su di una medesima linea orizzontale. Consideriamo ora la distanza che intercorre, lungo tale linea orizzontale, tra un picco del segnale *A* ed il primo picco che si incontra del segnale *B* (**figura 12**). Il rapporto tra tale distanza e la distanza tra due picchi successivi di uno stesso

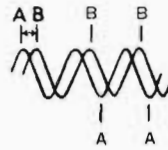



Fig. 12 - Misura dello sfasamento tra due segnali, con l'aiuto del commutatore elettronico. Lo sfasamento è ricavato dal rapporto tra la distanza tra due picchi del medesimo segnale (ad esempio A-A) e quella misurata tra due picchi successivi di entrambi (A-B).

segnale, moltiplicato per lo sfasamento massimo (360°) ci dà lo sfasamento tra i due segnali, espresso in gradi. Se, ad esempio, la distanza tra il picco del segnale *A* e quello, immediatamente successivo, del segnale *B*, è di 5 mm, mentre la distanza tra due picchi successivi del segnale *A* (o del segnale *B*) è di 30 mm, il rapporto tra le distanze è di 5 : 30 ossia 1/6; moltiplicando per 360° tale rapporto, otteniamo lo sfasamento tra i due segnali, che nel caso citato risulta essere pari a 360° : 6, ovvero 60°.

Naturalmente, questo metodo — anche se più semplice e più suscettibile di applicazioni pratiche di quello descritto in precedenza — è meno preciso, poichè nelle misure delle distanze si commettono sempre inevitabili errori, che compromettono l'esattezza del risultato finale. L'approssimazione che si ottiene è comunque sufficiente ai normali scopi pratici.

Un'altra circostanza in cui si rende molto utile il commutatore elettronico, si incontra nella messa a punto degli amplificatori. Come sappiamo, questa operazione ha come scopo principale quello di eliminare qualsiasi forma di distorsione, ossia di ottenere un segnale di uscita avente la stessa forma di quello di entrata. Si comprende quindi come possa risultare di grande utilità l'osservazione contemporanea, sullo schermo dell'oscillografo, sia del segnale applicato all'ingresso dell'amplificatore che di quello che si ottiene in uscita. In tal modo l'osservazione di qualunque tipo di distorsione è immediata, senza dover ricorrere a due esami separati delle due forme d'onda.

Col commutatore elettronico, e con un generatore di tensioni calibrate, che descriveremo alla prossima lezione, è inoltre possibile effettuare misure di tensione anche molto precise. Basta applicare ai due appositi ingressi del commutatore la tensione nota di riferimento, proveniente dal generatore di tensioni calibrate, o da qualunque altro dispositivo di cui si conosca la tensione di uscita con precisione. Compariranno sullo schermo due segnali che, agendo sul comando di posizione e sui due controlli di amplificazione (*A* e *B*), potranno essere portati a coincidere. In tali condizioni si ha la certezza che entrambi i canali del commutatore apportano, ai segnali che giungono ai rispettivi ingressi, la stessa amplificazione. Ora, lasciando il segnale di tensione nota ad uno dei due ingressi, ed applicando invece all'altro la tensione incognita, si ottiene nuovamente sullo schermo l'immagine dei due segnali. Dal confronto delle due ampiezze si ricava facilmente la tensione incognita. Supponiamo infatti che il segnale di riferimento abbia, sullo schermo, un'altezza di 20 mm, e quello incognito un'altezza di 5 mm. E' chiaro che quest'ultimo segnale avrà una tensione pari ad ¼ di quella del segnale noto. Se, ad esempio, la tensione di quest'ultimo è di 400 mV, la tensione incognita è certamente pari a 100 millivolt.

DOMANDE sulle LEZIONI 103ª e 104ª

N. 1 —
Quali misure, oltre all'osservazione di una forma d'onda, è possibile compiere con un oscillografo a raggi catodici?

N. 2 —
Quali possono essere le immagini che si ottengono sullo schermo fluorescente, nella misura di capacità o di induttanza?

N. 3 —
Oltre al metodo basato sull'impiego delle figure di Lissajous, ne esistono altri adatti ad effettuare misure di frequenza mediante l'oscillografo?

N. 4 —
In quali casi è preferibile il metodo detto a «cerchio di sfasamento»?

N. 5 —
Quale è la condizione indispensabile affinchè sia possibile effettuare misure di tensione o di corrente con l'oscillografo?

N. 6 —
In quale modo è possibile, in un circuito oscillatore a Bassa Frequenza, variare la forma d'onda del segnale prodotto?

N. 7 —
Cosa accade in un circuito oscillatore se la tensione di reazione applicata alla griglia è eccessiva?

N. 8 —
Cosa accade se invece la tensione di reazione è troppo debole?

N. 9 —
Quale è il principale vantaggio derivante dall'uso dell'oscillografo nella messa a punto di generatori di Bassa Frequenza?

N. 10 —
Quali dati è possibile ricavare con l'oscillografo sui circuiti oscillatori a spostamento di fase?

N. 11 —
A cosa serve un commutatore elettronico? Come funziona?

N. 12 —
Osservando lo schema del commutatore elettronico descritto alla lezione 104ª, spiegare come funziona il controllo di posizione costituito da un potenziometro da 600 ohm posto tra i catodi della valvola pilota.

N. 13 —
Per quale motivo il sincronismo per fermare sullo schermo del tubo l'immagine fornita dal commutatore elettronico deve essere effettuato sulla frequenza del segnale e non su quella di commutazione?

N. 14 —
In qual modo viene variata la frequenza di commutazione del commutatore elettronico S-3?

N. 15 —
Per quale motivo la capacità di uscita del medesimo strumento, applicata al catodo della valvola finale, è di valore così elevato?

RISPOSTE alle DOMANDE di Pag. 809

N. 1 — Sulla parete posteriore, nelle immediate vicinanze dello zoccolo del tubo, onde consentire collegamenti della minima lunghezza.

N. 2 — Regolazione del fuoco, dell'intensità e del centraggio, dell'ampiezza verticale e orizzontale, e quindi, della frequenza della tensione a dente di sega, e del sincronismo.

N. 3 — La distorsione approssimativa, l'ampiezza (conoscendo la sensibilità dello strumento), e la frequenza (se si conosce quella della tensione a dente di sega).

N. 4 — Allorchè si desidera misurare una tensione alternata non sinusoidale, in quanto è possibile valutare con esattezza la tensione tra picco e picco.

N. 5 — Dando un'amplificazione sufficiente ad avere un'ampiezza pari al doppio del diametro dello schermo, e spostando l'immagine verso il basso agendo sul centraggio verticale.

N. 6 — A seconda dell'indagine che si desidera effettuare, all'uscita di ogni singolo stadio amplificatore, oppure all'uscita dell'intero amplificatore.

N. 7 — La presenza di armoniche pari su di un segnale originariamente sinusoidale indica che la distorsione si verifica in uno stadio di amplificazione a triodo. Le armoniche dispari sono invece dovute ad un pentodo.

N. 8 — Misurando la d.d.p. che detta corrente provoca ai capi di una resistenza introdotta nel circuito. Ovviamente però, il valore di quest'ultima non deve essere alto al punto tale da alterare le condizioni.

N. 9 — Iniettando nell'amplificatore segnali di varia frequenza ma di ampiezza costante, ed osservando sullo schermo del tubo, sul quale appare il segnale di uscita, sia la forma d'onda che l'ampiezza.

N. 10 — Iniettando nel circuito in esame segnali di frequenza variabile attorno ad un valore centrale, corrispondente alla frequenza nominale di risonanza del circuito stesso, ed osservando i segnali di uscita.

N. 11 — Applicando un segnale modulato all'amplificatore verticale, e regolando l'asse dei tempi fino ad avere due o tre picchi di modulazione sullo schermo.

N. 12 — Variando lentamente la posizione del verniero, ossia del potenziometro che regola la frequenza orizzontale dell'asse dei tempi.

N. 13 — Collegando all'ingresso verticale il segnale di frequenza incognita, ed all'ingresso orizzontale un segnale di frequenza nota ma variabile. Ottenuta l'immagine ferma, il valore viene dedotto dal numero dei cerchi completi.

N. 14 — Deve avere una notevole linearità su di una ampia gamma di frequenze, altrimenti l'attenuazione sulle frequenze elevate falsa l'efficacia della prova.

N. 15 — Applicando la tensione da misurare direttamente alle placchette di deflessione, se l'amplificatore non è ad accoppiamento diretto.

N. 16 — A consentire una lettura diretta delle tensioni, sempre che si conoscano la tensione di ingresso ed il guadagno.

COSTRUZIONE di un generatore di tensioni calibrate

Il generatore di tensione, mod. VC - 3, che descriviamo, è uno strumento di grande utilità in tutti quei casi nei quali, con un oscillografo, si desidera determinare rapidamente, e con una certa esattezza, l'ampiezza di un segnale visibile sullo schermo.

L'importanza di questo strumento accessorio spesso è tale, che la maggior parte degli oscillografi del tipo professionale, ossia di classe elevata, lo comprendono addirittura nei circuiti presenti nello strumento stesso.

Il principio di funzionamento è il seguente: il generatore rende disponibile una tensione di ampiezza nota, costituita da segnali ad impulsi di forma quadra. Tali segnali possono essere resi visibili sullo schermo di un oscillografo, e, mediante un commutatore presente sul pannello di comando, si può passare dalla loro osservazione a quella del segnale da misurare. Si effettua cioè un confronto. Essendo nota con esattezza l'ampiezza del segnale di riferimento prodotto, non resta che confrontare le due ampiezze misurate sullo schermo con l'aiuto della nota mascherina graduata o, in mancanza, con un comune compasso, e stabilire il rapporto che consente di determinare l'ampiezza da picco a picco del segnale in esame.

Grazie all'eccellente forma d'onda prodotta, ed al fatto che la tensione del segnale erogato è di ampiezza nota con grande precisione, il generatore si presta perfettamente come sorgente di segnale per determinare il guadagno di tensione di uno o più stadi di amplificazione, lo sfasamento di due segnali tra loro, ed il responso alla frequenza da parte di un amplificatore di Bassa Frequenza.

L'intero apparecchio è contenuto in un piccolo involucro verniciato, che può essere comodamente tenuto sul banco di lavoro o appoggiato direttamente sull'oscillografo, date le minime dimensioni.

Caratteristiche generali

Capacità di ingresso segnale	25 pF
Segnale di uscita	1.000 Hz (circa), ad onda quadra
Portate	30, 100, 300 mV e 1, 3, 10, 30 e 100 volt di picco
Precisione dell'attenuatore d'uscita	1%
Controlli	Accensione, portata, taratura (interno)
Valvole	Una 6AW8, una 6X4 ed una OA2
Alimentazione	105 - 125 volt c.a., 20 watt
Dimensioni	cm 12 x 19 x 10,5

DESCRIZIONE del CIRCUITO

Come si nota osservando lo schema di **figura 1**, l'alimentazione avviene ad opera di un piccolo trasformatore, che isola il circuito dalla rete, e fornisce tutte le tensioni necessarie. La rettificazione è effettuata mediante una 6X4 (due semionde), seguita da un circuito di filtraggio ad ingresso capacitivo, e da una valvola a gas del tipo OA2, che stabilizza la tensione anodica fornita alla valvola oscillatrice (triodo pentodo 6AW8), ad un valore costante di 150 volt.

Una resistenza da 100 ohm, posta in serie all'uscita della tensione stabilizzata, isola la valvola stabilizzatrice dal condensatore di uscita del filtro, evitando così eventuali oscillazioni a bassissima frequenza.

Il triodo pentodo 6AW8 viene impiegato come multivibratore e come stadio finale. In pratica, la sezione triodo, unitamente al triodo costituito dal catodo, dalla griglia pilota e dalla griglia schermo del pentodo, costituiscono un classico circuito multivibratore, del tipo ben noto al lettore. A tale scopo — infatti — la griglia schermo del pentodo agisce da placca.

I valori dei componenti sono stati calcolati in modo da ottenere in uscita un'onda quadra perfettamente simmetrica, avente una frequenza di 1.000 Hz. A causa delle normali, quanto inevitabili, variazioni che si manifestano col tempo sia nelle valvole che nei componenti ad esse associati, le caratteristiche del segnale di uscita possono differire leggermente da quelle enun-

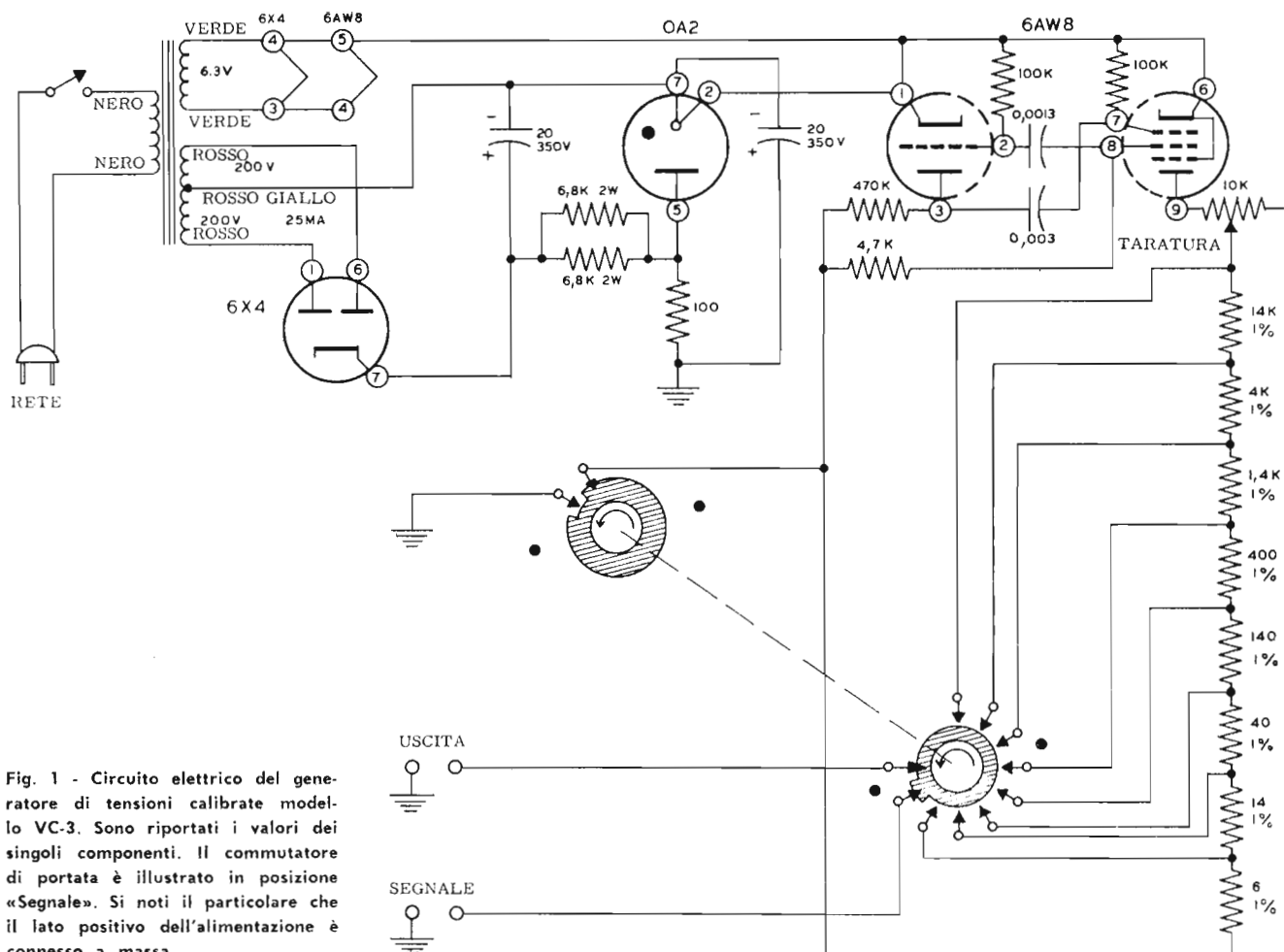



Fig. 1 - Circuito elettrico del generatore di tensioni calibrate modello VC-3. Sono riportati i valori dei singoli componenti. Il commutatore di portata è illustrato in posizione «Segnale». Si noti il particolare che il lato positivo dell'alimentazione è connesso a massa.

ciate. Ciò, comunque, non compromette minimamente nè il funzionamento, nè l'impiego dello strumento.

Il segnale di uscita viene prelevato dalla placca della sezione pentodo della valvola 6AW8. Dal momento che l'accoppiamento col circuito oscillatore avviene esclusivamente attraverso la corrente elettronica interna alla valvola, nessuna variazione nel carico applicato può influire sulla frequenza o sulla forma d'onda del segnale d'uscita.

Il carico anodico di detto pentodo consta di una serie di resistenze di precisione aventi un valore opportuno, atto cioè a fornire diverse e determinate tensioni di uscita. Inoltre, un controllo potenziometrico di taratura consente di regolare a priori le tensioni di uscita, per tutte le portate contemporaneamente.

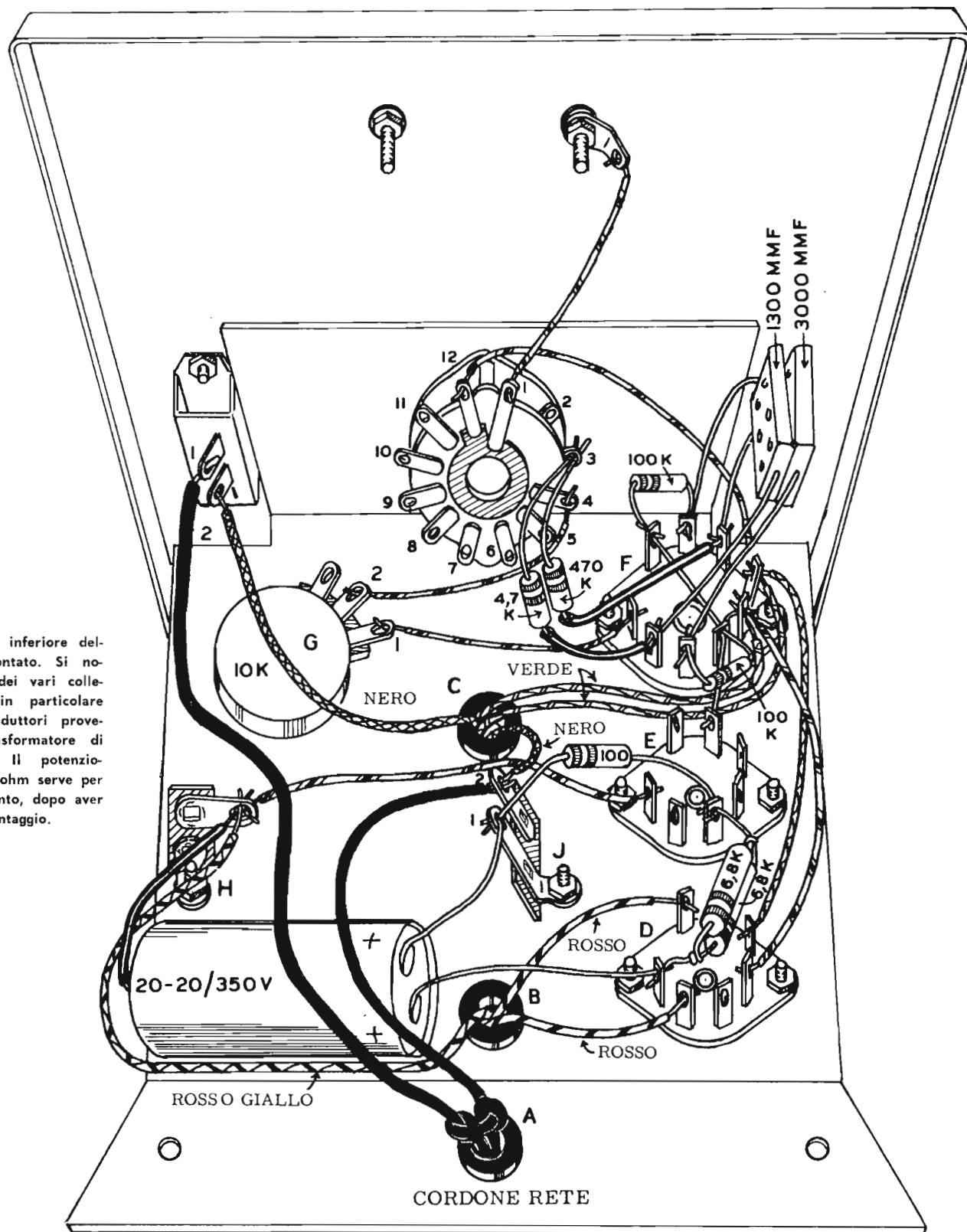
Una caratteristica peculiare di questo strumento consiste nel modo con cui sono effettuati i collegamenti di massa del segnale e dell'alimentazione. Il segnale di uscita — è noto — si manifesta a causa della caduta di tensione che si presenta ai capi del partitore di tensione in serie alla placca, negli istanti in cui il pentodo conduce. Per consentire il prelevamento del segnale di uscita senza la necessità di interporre un condensatore di blocco, il circuito anodico fa capo direttamente a massa. Ciò rende necessario il collegamento a massa anche del lato positivo della tensione di alimentazione, mentre il lato opposto risulta negativo di circa 150 volt rispetto allo chassis.

L'eliminazione del condensatore in serie all'uscita evita la distorsione del segnale che si verifica in funzione delle caratteristiche del carico e della posizione dell'attenuatore di uscita. Di conseguenza, il segnale fornito è tale da presentare *i picchi positivi corrispondenti al potenziale di massa.*

Se da un lato ciò è soddisfacente per la maggior parte delle applicazioni, è tuttavia ammissibile che — in determinati casi — sia opportuno disporre di un condensatore in serie ai morsetti di uscita. In tal caso, esso può essere inserito esternamente, tenendo però nella dovuta considerazione il relativo valore nonchè le caratteristiche del carico esterno applicato. La capacità deve essere, infatti, di valore inversamente proporzionale alla resistenza del carico. Col diminuire di questa ultima, la capacità deve aumentare, e viceversa, se si vuole mantenere una forma d'onda discreta.

Il commutatore di portata consente di scegliere tra il valore picco a picco del segnale prodotto dallo strumento e presente in uscita, ed una posizione contrassegnata « SIGNAL » (segnale), nella quale i morsetti di collegamento del segnale esterno da misurare vengono connessi direttamente ai morsetti di uscita. Ciò consente la commutazione immediata tra il segnale sotto osservazione, e quello prodotto dallo strumento, senza costringere l'operatore ad effettuare inversioni nei collegamenti.

Ovviamente, nel caso che il segnale in osservazione venga collegato all'uscita, la sorgente interna viene disattivata.

Fig. 2 - Vista inferiore dello chassis montato. Si notino i colori dei vari collegamenti, ed in particolare quelli dei conduttori provenienti dal trasformatore di alimentazione. Il potenziometro da 10 kohm serve per la messa a punto, dopo aver ultimato il montaggio.

Il MONTAGGIO MECCANICO

Data l'estrema semplicità dello strumento, non occorre che ci dilunghiamo sulle fasi del montaggio meccanico: la **figura 2** illustra il telaio e parte del pannello frontale, visti inferiormente, unitamente ad una gran parte dei collegamenti. Il primo zoccolo in alto a destra è — come si può comprendere dal numero dei piedini — quello della valvola 6AW8. Segue più sotto quello della stabilizzatrice OA2, ed infine, in basso, quello della rettificatrice 6X4.

La fotografia dello strumento, pubblicata all'inizio della descrizione, mostra in modo evidente la posizione dei morsetti, dell'interruttore di accensione, e del commutatore di portata.

Come di consueto, è indispensabile mantenere l'orientamento degli zoccoli portavalvola così come visibile alla figura 2. Si noti la disposizione delle basette di ancoraggio, dei collegamenti, e di alcuni componenti, nonchè la posizione del potenziometro di taratura, fissato sul piano del telaio, inferiormente, in modo che l'albero sporga verso l'alto.

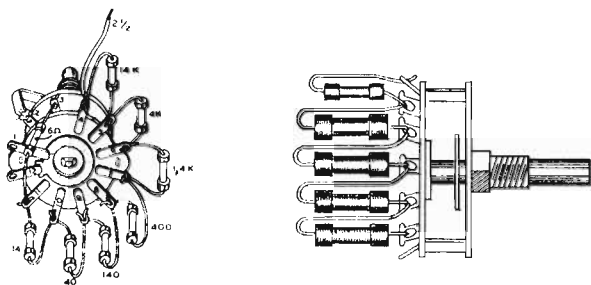



Fig. 3 - Allestimento del commutatore di portata. A sinistra è illustrato il modo di collegare tra loro le varie resistenze facenti capo alle pagliette del commutatore. A destra è raffigurato l'aspetto del commutatore montato, visto da un lato.

Dopo aver installato i tre passacavi in gomma, e dopo essersi assicurati che tutte le viti sono strette a dovere, non resta che iniziare le operazioni del montaggio elettrico.

Il MONTAGGIO ELETTRICO

Anche per quanto riguarda il montaggio elettrico non sussistono difficoltà di sorta. La semplicità del circuito è tale che, con l'aiuto dello schema di figura 1 e della stessa figura 2 è possibile effettuare tutti i collegamenti senza tema di errori.

Si noti la posizione del doppio condensatore elettrolitico di filtro, il quale, essendo di tipo cilindrico con terminali rigidi, non necessita di alcuna squadretta di fissaggio.

Particolare cura va posta nel montaggio dell'attenuatore di uscita (partitore in serie alla placca del pentodo), in quanto le resistenze che lo costituiscono, caratterizzate da una elevata precisione, devono essere tenute il meno possibile a contatto col saldatore, onde evitare che la temperatura di quest'ultimo ne alteri il valore.

La **figura 3** illustra il sistema più pratico per il fissaggio delle resistenze alle pagliette del commutatore. Come si nota, esse sono tutte in serie tra loro, e, dopo aver effettuato tutte le saldature, i singoli terminali vengono piegati in modo tale da disporle tutte intorno alla circonferenza del settore, perpendicolarmente al piano relativo.

COLLAUDO e MESSA a PUNTO

Dopo aver accertato che non esistono errori di collegamento, si provvederà alla prova delle sole tensioni alternate presenti nel circuito, collegando l'apparecchio alla rete dopo averne tolte tutte le valvole. Si rammenti che l'apparecchio è previsto per funzionare con una tensione di rete di circa 110/125 volt. Qualora la tensione disponibile fosse diversa, è necessario interporre il solito autrasformatore o trasformatore di adattamento.

Si verifichi la tensione presente tra le placche della rettificatrice (400 volt c.a., ossia 2 x 200 volt verso massa), nonchè la tensione applicata ai filamenti delle diverse valvole, che deve ammontare a circa 6,3 volt.

Si controlli con cura che non esistano cortocircuiti ai capi dell'alta tensione di alimentazione, verificando che la resistenza tra i capi del secondo elettrolitico di filtro sia dell'ordine di 400 - 500 kohm. Se tutto è in ordine, si possono rimettere a posto le valvole, e riaccendere l'apparecchio. Non appena la rettificatrice è entrata in funzione, si deve notare il funzionamento della valvola stabilizzatrice OA2, all'interno del bulbo della quale si deve osservare una luce rossa diffusa, dovuta alla ionizzazione del gas in essa contenuto.

Nella verifica delle tensioni, elencate nella apposita tabella riportata, *si rammenti che il polo positivo della alimentazione è a massa*. Una volta accertato che tutte le tensioni corrispondono a quelle enunciate (con la dovuta tolleranza, a seconda dello strumento usato per la lettura), si può procedere alla messa a punto.

L'operazione di messa a punto può essere effettuata in vari modi: il lettore potrà scegliere quello che gli sembra più opportuno, ed eventualmente confrontarli.

Collegare innanzitutto l'uscita all'ingresso verticale di un oscillografo, e porre l'attenuatore di uscita sulla posizione « 100 volt di picco ». Regolare quindi l'oscillografo fino ad ottenere un'immagine chiara e fissa, di ampiezza conveniente, comprendente due o tre impulsi rettangolari di forma regolare.

1° metodo: Mediante un voltmetro a valvola con scala tarata in volt di picco, oppure tenendo conto del fattore di moltiplicazione se la scala è tarata in volt efficaci, misurare la tensione di uscita e regolare il potenziometro di taratura fino ad ottenere l'indicazione di 100 volt di picco o di 70 volt efficaci.

2° metodo: Questo metodo consente una buona precisione se l'onda quadra di uscita è simmetrica entro il 10%, ossia se l'ampiezza dei picchi positivi e quella dei picchi negativi è eguale o ha una differenza massima del 10%. Occorre innanzitutto disporre di un voltmetro a valvola, o di un « tester » avente una resistenza interna di almeno 20.000 ohm/volt. Predisporre lo strumento per una portata di 50 volt c.c. fondo scala, o maggiore. Collegare il puntale positivo al morsetto di uscita nero del calibratore, e quello negativo al morsetto rosso. Regolare quindi il controllo di taratura interno fino ad ottenere sulla scala la lettura di 50 volt.

VALVOLA	Pied.1	Pied.2	Pied.3	Pied.4	Pied.5	Pied.6	Pied.7	Pied.8	Pied.9
6X4	200 C. A.		6.3 C. A.	0		200 C. A.	230 VCC		
OA2		0			+150 VCC		0		
6AW8	0	-10 VCC	+37 VCC	6,3 C. A.	0	0	-9 V C	+106 VCC	+82 VCC

Tabella delle tensioni. I valori ivi elencati possono differire del 20% in più o in meno, per differenze nella tensione di rete o per errore introdotto dallo strumento di misura.

In tal caso lo strumento indicherà il valore medio della tensione di picco dell'onda quadra.

3° metodo: Misurare innanzitutto con un «tester» da 20.000 ohm/volt una tensione alternata sinusoidale di 35,35 volt (prelevata da un partitore derivato sulla rete, o da un trasformatore regolabile (Variac). Questa lettura rappresenta il valore di picco di 100 volt c.a. Applicando ora detta tensione allo ingresso verticale di un oscillografo, regolare i vari comandi, con l'aiuto della mascherina graduata, fino ad ottenere un'immagine di ampiezza conveniente (almeno 5 cm). Sarà utile regolare la frequenza della tensione orizzontale fino ad avere una zona luminosa rettangolare (senza cioè che siano visibili i cicli separati).
Senza disinserire la tensione a dente di sega, e **senza manomettere il controllo di amplificazione verticale**, collegare all'ingresso dell'oscillografo la tensione di uscita del calibratore. Dopo aver predisposto quest'ultimo per un'uscita di 100 volt, regolare il controllo interno di taratura fino a far coincidere i bordi superiore ed inferiore con quelli dell'immagine presente, di cui si era preso nota sulla mascherina o direttamente sullo schermo.

In tutti i metodi descritti, la messa a punto su una portata è sufficiente per assicurare la taratura di tutte le altre.

Terminata l'operazione di messa a punto, lo strumento può essere rinchiuso nel suo mobiletto. Il controllo della taratura dovrà essere ripetuto dopo un mese circa, ed in seguito, almeno ogni sei mesi.

USO dello STRUMENTO

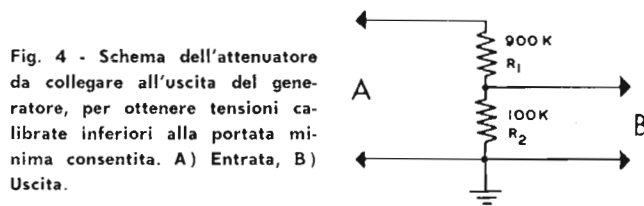
Come si nota osservando il pannello frontale, è possibile derivare dagli appositi morsetti il segnale ad onda quadra prodotto (OUTPUT), e collegare il segnale da confrontare ai morsetti contrassegnati «SIGNAL». La manopola centrale, oltre alle varie posizioni corrispondenti a varie ampiezze del segnale prodotto, consente — nella posizione «SIGNAL» — inviare il segnale da esaminare ai morsetti di uscita, e quindi all'ingresso dell'oscillografo. Per effettuare il confronto, e quindi la misura, è sufficiente commutare dalla portata scelta alla posizione «SIGNAL», ed effettuare il confronto sullo schermo dell'oscillografo.

E' sempre opportuno regolare la frequenza orizzontale dell'oscillografo fino ad ottenere una forma luminosa rettangolare del segnale, senza cioè che siano visibili cicli separati. A tale scopo, detta frequenza deve sempre essere maggiore di 10 kHz.

Dovendo misurare tensioni ad impulsi, o segnali a frequenza elevata, o ancora tensioni ad onda quadra, è bene connettere il segnale da esaminare direttamente all'ingresso dell'oscillografo, ossia senza passare attraverso il calibratore, in quanto la capacità parassita di ingresso potrebbe falsare le letture.

Nel caso che il generatore venga usato per la misura mediante confronto, di tensioni di valore molto basso, è opportuno aggiungere un ulteriore attenuatore esterno. Lo strumento, infatti, possiede una portata da 0 a 30 mV, ma è comunque molto difficile ottenere con precisione tensioni al di sotto dei 10 mV. Con un oscillografo di tipo normale, tali tensioni non si rendono necessarie, poichè, data la sua sensibilità moderata, non sarebbe neppure possibile rappresentarle adeguatamente sullo schermo. Se invece si dispone di un oscillografo ad alta sensibilità (ne esistono con sensibilità di 3 mV/cm ed anche maggiore), queste misure possono tornare molto utili.

Occorre quindi che il generatore possa fornire, con una certa esattezza, tensioni calibrate al di sotto dei 10 mV; in tal caso, si introduce — tra il generatore e l'oscillografo — un attenuatore di facile costruzione del tipo di quello rappresentato alla **figura 4**. Il segnale che si ottiene all'uscita di tale circuito ha una tensione picco a picco pari ad 1/10 di quella applicata alla sua entrata.

Fig. 4 - Schema dell'attenuatore da collegare all'uscita del generatore, per ottenere tensioni calibrate inferiori alla portata minima consentita. A) Entrata, B) Uscita.

Il principio di funzionamento è molto semplice, trattandosi — in pratica — di un partitore di tensione ottenuto mediante due sole resistenze in serie. La resistenza totale, che si dispone in parallelo al segnale del generatore, è di 1 Mohm, valore dato dalla somma delle resistenze di 900 e 100 kohm. Il segnale di uscita è prelevato ai capi della resistenza da 100 kohm, e quindi è di 1/10 di quello del segnale entrante.

Perchè il circuito introduca l'attenuazione voluta con precisione, occorre che le resistenze abbiano una precisione almeno dell'1%. Non volendo ricorrere a tali resistenze di precisione, piuttosto costose, si può, tra quelle di cui si dispone, selezionarne due il cui rapporto sia esattamente 1 : 9 (anche se i due valori, presi singolarmente, sono diversi da quelli indicati nel circuito di figura 4). In ogni modo, l'impedenza di ingresso deve essere molto prossima ad 1 Mohm almeno.

Si può anche ricorrere ad un potenziometro, collegando i due estremi all'ingresso e prelevando sul cursore la tensione attenuata. In tal caso, per trovare la posizione esatta, in corrispondenza della quale l'attenuazione introdotta è effettivamente 10, si applica dapprima direttamente all'entrata dell'oscillografo una tensione di 1 volt, fornita dal generatore, e si segna l'altezza della traccia ottenuta. Successivamente, si introduce l'attenuatore, e si sposta la tensione d'uscita del generatore in posizione 10 V. In tali condizioni, se non si è spostato il comando di guadagno verticale dell'oscillografo, l'esatto rapporto tra i due rami di resistenza in cui si suddivide il potenziometro si ottiene in corrispondenza di quella posizione del cursore per cui l'altezza della traccia ottenuta sullo schermo ha la medesima altezza della precedente.

per RILEGARE

le lezioni del "Corso di RADIOTECNICA„ potete disporre di apposite, razionali copertine - imitazione pelle - con diciture in oro.

Le copertine vengono fornite con tutto il necessario atto a formare un vero e proprio volume: non si tratta quindi di semplici raccoglitori, ma di un sistema, brevettato, che consente a chiunque di rilegare, da se, i diversi fascicoli.

Ogni copertina prevede la raccolta di 26 fascicoli (metà Corso).

COPERTINA per **VOLUME I°**	Lire 880
Spese postali e imballo	» 195
Totale	» **1.075**
COPERTINA per **VOLUME II°**	(come sopra)
Le DUE COPERTINE assieme	L. **2.100**

POTETE EVITARE QUALSIASI ALTRA SPESA PER FORMARE I VOSTRI VOLUMI

L'INVIO VIENE EFFETTUATO A MEZZO POSTA E LE RICHIESTE — ACCOMPAGNATE DALL'IMPORTO — DEVONO ESSERE INDIRIZZATE DIRETTAMENTE AL « **CORSO DI RADIOTECNICA** » - **VIA DEI PELLEGRINI 8/4** - MILANO.

L'IMPORTO PUO' ESSERE VERSATO SUL CONTO CORRENTE POSTALE N. 3/41203, MILANO. — SI PREGA DI SCRIVERE IN MODO MOLTO CHIARO IL PROPRIO INDIRIZZO.

DATO IL PARTICOLARE SISTEMA, I FASCICOLI **POSSONO ESSERE RILEGATI OGNI SETTIMANA.**

ALLA FINE DEL « CORSO » E' PREVISTA LA PUBBLICAZIONE DI UNA « ERRATA CORRIGE » E DI INDICI MOLTO UTILI E PRATICI PER LA RICERCA DEI VARI ARGOMENTI.

E' uscito il 100° Numero

Chiedete all'edicola

130 pagine

La rivista che, tra quelle del ramo, Vi offre il più alto contenuto informativo a carattere tecnico e commerciale.

Abbonamento per 12 Numeri. . . . . lire 3.060.
Per gli abbonati al "Corso di Radiotecnica„ . . . . solo lire 2.754.

Abbonamento: "RADIO e TELEVISIONE„ - via dei Pellegrini N. 8/4, conto corrente postale: 3/4545 Milano

Una copia, alle edicole, lire 300